

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ**  
**“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ**  
**ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО”**  
**Інженерно-хімічний факультет**  
**Кафедра машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв**

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри МАХНВ

\_\_\_\_\_ Я. М. Корнієнко  
(підпис)

“    ” \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ**

**на здобуття ступеня бакалавра**

**за напрямом підготовки:** 13 – Машинобудування

**спеціальність:** 133 – Галузеве машинобудування

**спеціалізація:** Інжиніринг, обладнання та технології хімічних та нафтопереробних виробництв

**на тему:** Модернізація гарячого преса папероробної машини. Комплексний.

**Виконав студент IV курсу, групи ЛБ-51**

Лисій Владислав Сергійович

**Керівник проекту**

асист. Гробовенко Я.В.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_ (підпис)

**Консультанти:**

з охорони праці

канд. техн. наук, доцент І. М. Ковтун

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_ (підпис)

з економіки

канд. техн. наук, ст. викл. О.А. Новохат

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_ (підпис)

**Рецензент:**

\_\_\_\_\_ (посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Засвідчую, що у цьому дипломному проекті  
немає запозичень з праць інших авторів без  
відповідних посилань.

Студент \_\_\_\_\_ В.С. Лисій

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ**  
**“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ**  
**ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО”**

**Інженерно-хімічний факультет**

**Кафедра машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв**

Освітній ступінь: бакалавр

Напрямок підготовки: 13 – Машинобудування

Спеціальність: 133 – Галузеве машинобудування

Спеціалізація: Інжиніринг, обладнання та технології хімічних та нафтопереробних виробництв

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ Я. М. Корнієнко

“ \_\_ ” \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**ЗАВДАННЯ**

**на дипломний проект студенту**

Лісію Владислав Сергійовичу

**1. Тема проекту:** Модернізація гарячого преса папероробної машини. Комплексний.

Керівник проекту асистент Гробовенко Я. В.

Затверджена наказом по університету від “22” травня 2019 р. №1323-с.

**2. Термін подання студентом проекту:** 1 червня 2019р.

**3. Вихідні дані до проекту:** швидкість папероробної машини  $V=20,5$  м/с; маса 1 м<sup>2</sup> паперового полотна  $g=0.03$  кг/м<sup>2</sup>; обрізна ширина паперу  $B=4,2$  м; лінійний тиск в захваті пресу  $q_{\text{л}}=100$  кН/м; початкова сухість паперового полотна до пресу  $S_{\text{п}}=25\%$ ; кінцева сухість паперового полотна після пресу  $S_{\text{к}}=50\%$ .

**4. Зміст пояснювальної записки:** а) основна частина: розглянути існуючі конструкції гарячих пресів ПРМ, обґрунтувати вибір конструкції установки гарячого пресу; проаналізувати обрану конструкцію в порівнянні з кращими вітчизняними та світовими аналогами; здійснити розрахунки, що підтверджують

працездатність та надійність конструкції: параметричний, енергетичний та конструктивний розрахунки, а також розрахунки на міцність і надійність частин конструкції гарячого пресу; виконати складальне креслення установки гарячого пресу ПРМ та його основних складальних одиниць і деталей; здійснити оцінку рівня стандартизації та уніфікації розробки;

б) охорона праці: провести аналіз відповідності установки гарячого пресу ПРМ до вимог охорони праці, викласти основні вимоги безпечної експлуатації установки пресу;

в) рекомендації щодо монтажу та експлуатації установки пресу ПРМ;

**5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов’язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо):** загальна схема установки пресу, складальний кресленик – А1×3, установка пресового жолобчатого валу, складальний кресленик – А1, сукнонатяжка, складальний кресленик – А1, сукномийка, складальний кресленик – А2×3, ілюстрація до технічної ідеї патенту – А2.

#### **6. Консультанти розділів проекту:**

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Ковтун І. М., доцент		
Очікувані техніко- економічні показники	Новохат О.А., ст. викладач		

**7. Дата видачі завдання:** 15 квітня 2019 р.

Студент

\_\_\_\_\_ В.С. Лисій  
(підпис)

Керівник дипломного проекту

\_\_\_\_\_ Я.В. Гробовенко  
(підпис)

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН-ГРАФІК

№ з/П	Назва етапів виконання дипломного проекту	Строк виконання етапів проекту	Примітка
1	2	3	4
1	Переддипломна практика. Узгодження теми, вихідних даних, визначення джерел інформації. Добір матеріалів. Складання звіту з практики. (Під час проходження практики бажане виконання креслень орієнтовним обсягом – 4 форматів А1).	16.04.2019	
2	Патентне дослідження. Формування ідеї модернізації. Обґрунтування економічної доцільності.	18.04.2019	
3	Обґрунтування актуальності проекту. Опис установки. Схема гарячого преса. Вибір і опис конструкцій гарячого пресу та його складальних одиниць.	20.04.2019	
4	Параметричні розрахунки: визначення тиску в захваті пресу. Розрахунок продуктивності гарячого пресу	22.04.2019	
5	Розробка складальних креслень гарячого пресу та жолобчатого валу. Добір конструктивних параметрів конструктивних	24.04.2019	
6	Розрахунки на міцність та жорсткість жолобчатого валу. Вибір підшипників. Розробка алгоритмів та програм розрахунку.	26.04.2019	
7	Консультації відповідно до графіку з питань охорони праці, економіки, технології машинобудування, автоматизації.	28.04.2019	
8	Уточнення графічної частини проекту і специфікацій	15.05.2019	
9	Оформлення пояснювальної записки. Перевірка відповідності проекту діючим нормам за змістом і оформленням. Підготовка до захисту. Складання плану викладення доповіді, окремих питань.	20.05.2019	

10	Попередній захист проекту	01.06.2019	
11	Корегування проекту за результатами попереднього захисту. Отримання рецензії, відзиву. Підготовка до захисту.	10.06.2019	

**Студент**

\_\_\_\_\_

(підпис)

**В.С. Лисій**

**Керівник дипломного проекту**

\_\_\_\_\_

(підпис)

**Я.В. Гробовенко**

## Реферат

УДК 676.026.4

Модернізація гарячого преса папероробної машини. Комплексний: Дипломний проект освітньо-кваліфікаційного рівня “Бакалавр”/ КПІ ім. Ігоря Сікорського; Керівник Гробовенко Я.В. – К., 2019. – 119 с. – Викон. Лисій В.С. – Бібліогр.: 73.

Пояснювальна записка складається із вступу, 8 розділів, висновків, переліку посилань із 31 найменувань. Загальний обсяг роботи становить 76 с. основного тексту, 19 рисунків, 7 таблиць і 4 додатків.

Метою проекту є модернізація гарячого пресу папероробної машини з розробкою жолобчатого валу.

Поставлена задача досягається шляхом аналітичного визначення необхідного тиску в захваті пресу, виконанням параметричного, енергетичного та конструктивного розрахунків, що підтверджують надійність та працездатність розробленої конструкції гарячого преса ПРМ. Для розрахунку механізму притискання жолобчатого валу до лощильного циліндру наведено алгоритмічну схему, таблицю ідентифікаторів, та програма, виконана в програмному середовищі S-Math Studio. Виконано аналіз отриманих результатів та зроблено висновки до роботи. Наведено список використаної літератури.

Розрахунково-пояснювальна записка містить опис технологічної схеми отримання паперу та опис конструкції установки гарячого пресу ПРМ і її технічні показники. Графічна частина проекту включає 4 складальні кресленики, що містять: загальний вид установки гарячого пресу, установку жолобчатого валу, сукнонатяжку та сукномийку.

Розроблений прес дає можливість збільшити продуктивність ПРМ та підвищити сухість паперу до 50%. Економічна ефективність від впровадження преса складає 7 358 206 грн.

ПАПЕРОРОБНА МАШИНА, ПРЕСОВА ЧАСТИНА, ГАРЯЧИЙ ПРЕС, ВАЛ  
ПРЕСОВИЙ ЖОЛОБЧАТИЙ, СУКНОМИЙКА, СУКНОПРАВКА.

## Реферат

УДК 676.026.4

Модернизация горячего пресса бумагоделательной машины: Дипломный проект образовательно-квалификационного уровня "бакалавр" / КПИ им. Игоря Сикорского; Руководитель Гробовенко Я.В. - М., 2019. - 119 с. - Исполн. Лысий В.С. - Библиогр .: 73.

Пояснительная записка состоит из введения, 8 глав, заключения, списка ссылок из 10 наименований. Общий объем работы составляет 76 с. основного текста, 19 рисунков, 7 таблиц и 4 приложения.

Целью проекта является модернизация горячего пресса бумагоделательной машины с разработкой желобчатого вала.

Поставленная задача достигается путем аналитического определения необходимого давления в захвате пресса, выполнением параметрического, энергетического и конструктивного расчетов, подтверждающих надежность и работоспособность разработанной конструкции горячего пресса БДМ. Для расчета механизма прижима желобчатого вала до лоцильного цилиндра приведено алгоритмическую схему, таблицу идентификаторов, и программу выполненную в программной среде S-Math Studio. Выполнен анализ полученных результатов и сделаны выводы к работе. Приведен список использованной литературы.

Расчетно-пояснительная записка содержит описание технологической схемы получения бумаги и описание конструкции установки горячего пресса БДМ и ее технические характеристики. Графическая часть проекта включает 4 сборочные чертежи, содержащие: общий вид установки горячего пресса, установку желобчатого вала, сукнонатяжку и сукномойку.

Разработанный пресс позволяет увеличить производительность БДМ и повысить сухость бумаги до 50%. Экономическая эффективность от внедрения пресса составляет 7 358 206 грн.



БУМАГОДЕЛАТЕЛЬНАЯ МАШИНА, ПРЕССОВАЯ ЧАСТЬ, ГОРЯЧИЙ  
ПРЕСС, ВАЛ ПРЕССОВЫЙ ЖЕЛОБЧАТЫЙ, СУКНОМОЙКА,  
СУКНОНАТЯЖКА.

## Abstract

UDC 676.026.4

Modernization of hot press of paper machine: Diploma project of educational qualification level "Bachelor" / National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Politechnic Institute"; Scientific Supervisor: Grobovenko Y.V. - K., 2019. - 119 p. - Developer Lysii V.S. - References: p.73.

The explanatory note consists of introduction, 8 chapters, conclusions, list of references of 10 titles. The total volume of work is 76 pages of the main text, 19 figures, 7 tables and 4 appendices.

The objective of the project is to modernize the hot press of a paper machine with the development of a grooved roll.

The aim is achieved by analytically determining the required pressure in the grip of the press, performing parametric, energy and constructive calculations which confirm the reliability and operating capacity of the developed hot press PM. To calculate the mechanism for clamping the grooved shaft to the glazing cylinder, an algorithmic scheme, a table of identifiers, and a program executed in the S-Math Studio software environment are presented. The analysis of obtained results is made and the conclusions on the work are drawn. The list of references is given.

The calculation and explanatory note contains a description of the technological scheme for paper making and a description of the design of a hot press PM installation and its technical characteristics. The graphic part of the project includes 4 assembly drawings containing: a general view of the installation of a hot press, the installation of a grooved shaft, a cloth belt and a cloth dryer.

The designed press allows to increase productivity of hot press PM and increase paper dryness up to 50%. The economic efficiency of the introduction of the press is 7 358 206 UAH.

PAPER MACHINE, PRESS, HOT PRESS, PRESS CHAIN, SHOOT WASH, SLETCING.

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ**  
**“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ**  
**ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО”**  
**Інженерно-хімічний факультет**  
**Кафедра машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв**

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА**  
**ДО ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ**

**на здобуття ступеня бакалавра**

**за напрямом підготовки:** 13 – Машинобудування

**спеціальність:** 133 – Галузеве машинобудування

**спеціалізація:** Інжиніринг, обладнання та технології хімічних та нафтопереробних виробництв

**на тему:** Модернізація гарячого преса папероробної машини. Комплексний.

## Зміст

Перелік умовних позначень, символів та скорочень.....	14
Вступ.....	15
1 Призначення та область використання установки гарячого пресу ПРМ.....	16
1.1 Опис технологічного процесу отримання паперу	
1.2 Вибір типу пресу та його місце в технологічній схемі.....	18
2 Технічна характеристика .....	20
3 Опис та обґрунтування обраної конструкції пресової частини папероробної машини .....	21
3.1 Опис конструкції, основних складальних одиниць та деталей пресової частини папероробної машини .....	21
3.2 Вибір та обґрунтування матеріалів оснащення жолобчатого валу .....	24
3.3 Порівняння основних показників розробленої конструкції пресу з аналогами.....	24
3.4 Відомості про використані винаходи і патентну чистоту .....	26
4 Охорона праці.....	34
4.1 Електробезпека .....	35
4.2 Віброзахист .....	36
4.3 Виробничий шум .....	37
4.4 Виробниче освітлення.....	39
4.5 Пожежна небезпека .....	39
5 Розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність конструкцій пресу.....	41
5.1 Матеріальний баланс пресу та розрахунок сухості паперового полотна після пресу.....	41
5.2 Розрахунок жолобчатого валу.....	44
5.2.1 Розрахунок жолобчатого валу на міцність та жорсткість .....	44
5.2.2 Розрахунок жолобчатого вала на критичне число обертів ....	47

					ЛБ51.705535.001 ПЗ							
Зм.	Лист	№ докум.Змн.	ПідписА	Дата								
Разроб.		Лисій			Модернізація гарячого преса папероробної машини. Комплексний			Літ.	Лист	Листів		
Перев.		Гробовенко								12	119	
								КПІ ім. Ігоря Сікорського ІХФ, каф. МАХНВ				
Н.Контр.												
Затв.												

5.3	Розрахунок зусиль притискання .....	49
5.4	Розрахунок та вибір підшипників .....	50
5.5	Розрахунок та вибір електродвигуна .....	50
5.6	Розрахунок механізму правки сукна .....	54
5.7	Розрахунок механізму сукнонатяжки .....	55
6	Рекомендації щодо монтажу та експлуатації жолобчатого пресу пепероробної машини .....	57
6.1	Монтажні роботи .....	57
6.2	Ремонтні роботи .....	58
7	Рівень стандартизації та уніфікації .....	59
8	Економічна частина проекту .....	61
8.1	Техніко-економічне обґрунтування удосконалення конструкції гарячого преса .....	61
8.2	Розрахунки що підтверджують доцільність проведення робіт по удосконаленню гарячого пресу .....	63
8.3	Розрахунок техніко – економічних показників до і після модернізації обладнання .....	67
8.4	Оцінка ефективності модернізації першого гарячого пресу ПРМ .....	68
	Висновки .....	70
	Выводы .....	71
	Conclusions .....	72
	Перелік посилань .....	73
	Додаток А Регламент патентного пошуку .....	77
	Додаток Б Програма розрахунку зусиль притискання .....	86
	Додаток В Патенти, які використовуються в патентному дослідженні .....	92
	Додаток Г Публікації автора .....	111

## Перелік умовних позначень, символів та скорочень

ККД – коефіцієнт корисної дії;

ПРМ – папероробна машина;

КРМ – картоноробна машина;

ККПК – Київський картоно-папероробний комбінат;

ГП – гарячий прес;

$B$  – обрізна ширина паперового полотна, м;

$C_p$  – сухість паперового полотна після пресу, %;

$D$  – зовнішній діаметр рубашки валу, м;

$D_2$  – внутрішній діаметр рубашки валу, м;

$d_y$  – діаметр цапфи валу, м;

$g$  – маса 1 м<sup>2</sup> паперового полотна, кг/м<sup>2</sup> (г/м<sup>2</sup>);

$L$  – довжина валу між осями підшипників, м;

$l$  – довжина цапфи валу, м;

$P_{\text{ср.}}$  – середній питомий тиск між валами пресу, кН/м;

$Q_2$  – годинна продуктивність папероробної машини, кг/год;

$q$  – лінійний тиск між валами пресу, кН/м;

$S$  – сухість паперового полотна, %;

$V$  – швидкість папероробної машини, м/с (м/хв);

$\eta$  – коефіцієнт корисної дії двигуна;

$\eta_n$  – коефіцієнт корисної дії пневмоциліндру.

					ЛБ51.705535.001 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Піпис	Дата		

## Вступ

Розвиток целюлозно-паперової промисловості України в умовах ринку та жорсткої конкуренції передбачає реконструкцію застарілих виробництв, модернізацію фізично і морально зношених папероробних машин та їх частин, а також розробку нового високоефективного енергозберігаючого обладнання, яке може виробляти конкурентоспроможну паперову продукцію, що відповідає всім технічним та споживчим нормам.

Оскільки зневоднення паперового полотна пресуванням у 10...15 разів дешевше, ніж зневоднювання сушінням, то на сьогоднішній день велика увага приділяється вдосконаленню конструкції пресів з метою одержання після них потрібної сухості полотна, що є близька до теоретично можливої і досягнута методом пресування [1]. Важливе місце в пресовій частині ПРМ займає гарячий прес, що забезпечую ефективно зневоднення паперового полотна і досягнення високих значень його кінцевої сухості.

Метою даної роботи є розробка ефективного гарячого пресу пресової частини ПРМ із розробкою жолобчатого вала для видалення води з паперового полотна перед сушінням.

Поставлена мета досягається вирішенням таких основних завдань: проведення критичного аналізу сучасних існуючих конструкцій гарячих пресів та їх складових частин, які відповідають вимогам промисловості; виконання параметричного, енергетичного та конструктивного розрахунків, необхідних для підтвердження надійності та працездатності всіх основних елементів конструкції гарячого пресу ПРМ; наведення заходів та рекомендацій щодо монтажу, експлуатації та охорони праці.

Пресування волокнистих матеріалів вважається одним із найменш досліджених процесів. Тому робота, присвячена вивченню процесу гарячого пресування паперового полотна, є актуальною.

Завдання на дипломний проект видане і уточнене під час проходження переддипломної практики на ВАТ «Київський КПК» 15 квітня 2012 року.

					ЛБ51.705535.001 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Піпис	Дата		

# 1 Призначення та область застосування гарячого пресу

## 1.1 Опис технологічного процесу отримання паперу

Несформоване вологе паперове та картонне полотно, яке отримано в частині машини, що формує, в залежності від типу, має сухість 8 - 25% [1]. Для подальшого виділення вологи воно направляється до пресової частини, де при проходженні між пресовими валами зі зростаючим по ходу машини тиском, сухість не лише підвищується до 35...50 %, але й ущільнення полотна, через що поліпшується поверхня, відбувається зниження пористості та підвищення міцності й густини. Завдяки пресуванню паперові волокна в полотні збільшують свою щільність, а також площу взаємодії та сили зв'язку між ними, а тому покращується й властивості вихідної продукції: зниження пористості, повітропроникності, поліпшення фізико-механічних показників. Як висновок, від технології пресування зумовлюється якість готового продукту.

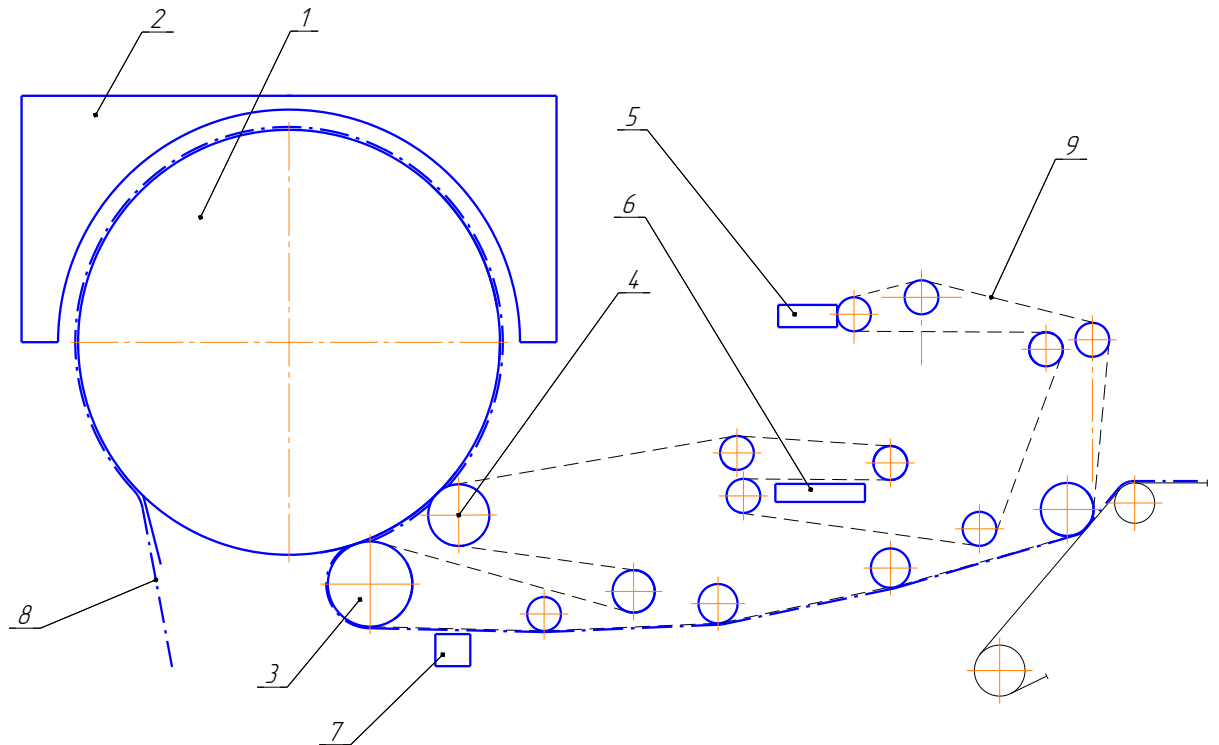
Пресова частина машини повинна працювати таким чином, щоб на ній відбувалося рівномірне і максимально припустиме для визначеного виду паперу і картону видалення води, тому що підвищення сухості перед сушильною частиною машини на 1 % дозволяє підвищити її продуктивність на 5 % і на стільки ж знизити витрату пари. Крім того, зневоднювання пресуванням у 10...15 разів дешевше, ніж зневоднювання сушінням. Тому на сьогоднішній день велику увагу приділяють удосконалюванню конструкції пресів з метою одержання після них сухості полотна, близької до теоретично можливої. Модернізацію одного з них – першого гарячого пресу здійснено в даному дипломному проекті.

					ЛБ51.705535.001 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Піпис	Дата		



## 1.2 Вибір типу пресу та його місце в технологічній схемі

Технологічну схему пресової частини машини по виробництві паперу показано на рисунку 1.1.



1 – циліндр лощильний; 2 – ковпак конвективного сушіння; 3 – прес гарячий перший; 4 – прес гарячий другий; 5 – сукнонатяжка; 6 – сукномийка; 7 – ящик паровий; 8 – полотно паперове; 9 – сукно пресове

Рисунок 1.1 – Технологічна схема пресової частини ПРМ

В ролі першого гарячого пресу обрано жолобчатий вал. Даний вал має застосування на пресах з поперечною фільтрацією води [1]. Такі типи пресів працюють при більшому лінійному тиску (100...120 кН/м) та відрізняються твердішим покриттям, ніж звичайні та відсмоктуючі преси. Головною перевагою даних пресів є те, що вони відносно простіші за конструкцією, надійніші в роботі, а також завдяки ним підвищується сухість полотна та його міцність, знижуючи витрати при експлуатації.

Також жолобчастий вал можна застосовувати у тих випадках, коли необхідно забезпечити рівномірну вологість паперу по ширині, збільшити сухість паперу, знизити експлуатаційні витрати.

Прес з жолобчастим валом може застосовуватись у якості другого і наступних пресів машин, які виробляють різноманітні види продукції (окрім дуже тонких видів паперу). Також такі преси можна застосовувати у якості попередніх і основних пресів папероробних та картоноробних машин. У цьому випадку в його конструкції треба передбачити ефективне очищення валу [2].

В якості другого гарячого пресу вибрано вал з глухими отворами. Зі збільшенням швидкості ефективність зневоднення паперу на пресі з глухими отворами в порівнянні зі звичайним пресом збільшується [3]. Прес працює найбільш ефективно при середньому питомому тиску 12 кН/м та швидкості машини не менше 150 м/хв.

Експлуатація преса показала, що для повного видалення води з отворів необхідно ретельно підігнати шабер до валу.

Преси з глухими отворами можна встановлювати замість других та третіх звичайних пресів. Вали з глухими отворами доцільно застосовувати як притискні до лоцильного циліндра.

Щільні сукна не залишають маркування на папері та збільшують його сухість у порівнянні зі звичайним пресом на 2...3 %.

					ЛБ51.705535.001 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Піпис	Дата		

## 2 Технічна характеристика

Технічну характеристику пресової частини ПРМ представлено у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Технічна характеристика

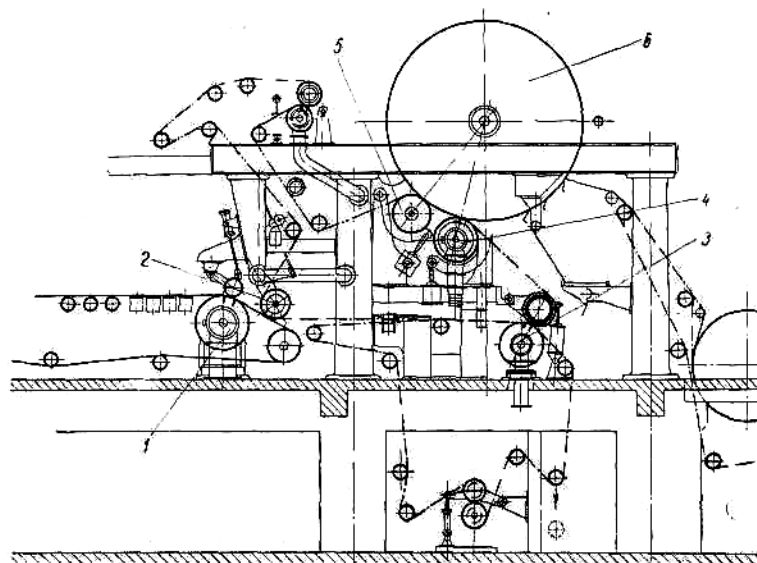
Параметр	Значення
Діаметр валу жолобчатого, м	0,79
Діаметр валу з глухими отворами, м	0,7
Твердість гумового покриття валу, од. ТШМ – 2	700
Матеріал який пресується	паперове полотно
Лінійний тиск, кН/м: в першому захваті	100
Маса валу жолобчатого, кг	9600
Робоча швидкість машини, м/хв	1230
Ширина паперового полотна, м	4,2
Маса 1 м <sup>2</sup> паперу, г/м <sup>2</sup>	30
Маса пресової частини, кг	107500
Габаритні розміри, м: довжина ширина висота	17,46 11.42 7.88

### 3 Опис та обґрунтування обраної конструкції пресової частини папероробної машини

#### 3.1 Опис конструкції, основних складальних одиниць та деталей пресової частини папероробної машини

Останнім часом все ширшого застосування набувають тонкі види паперу (санітарно-гігієнічна для рушників та серветок, обгорткова тощо) вагою до 60 г/м<sup>2</sup>. Для таких видів паперу характерні висока поглинаюча здатність, велика м'якість та велика здатність до розтягування. Санітарно-гігієнічний папір переважно виготовляють з маси садкого помелу.

У наш час, у зв'язку з впровадженням автоматичної передачі паперу з сіткової частини на пресову за допомогою пересмоктуючого пристрою, застосовують самознімальні машини (рисунок 3.1) [4].



- 1 – гауч вал; 2 – пересмоктуючий вал; 3 – прес; 4 – перший гарячий прес;  
5 – другий гарячий прес; 6 – сушильний циліндр

Рисунок 3.1 – Самознімальна машина з пересмоктуючим пристроєм

Перевагами такої конструкції папероробної машини є більш сприятливих умов передачі паперового полотна з сітки, більш висока сухість

					ЛБ51.705535.001 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Піпис	Дата		

полотна після сіткової та пресової частин, менші забруднення знімного сукна та менші розтягуючі зусилля на сукні.

На самознімальну машину звичайно надходить маса садкого помелу, тому сітка на такій машині коротша за сітку звичайної папероробної машини. Довжина сіткового столу складає 6000...12000 мм. При цьому встановлюють не більше трьох-п'яти відсмоктуючи ящиків. Під час виготовлення тонких санітарно-гігієнічних видів паперу з садкої маси невисокої концентрації застосовують формування під дією натиску струменя або встановлюють двокамерний грудний вал.

На пресовій частині машини встановлюють два преси, розташовуючи їх під великим сушильним циліндром 6.

Сушильна частина складається з одного великого циліндра 6 діаметром 6000 мм без сукна. Паперове полотно притискається до сушильного циліндра двома прогумованими притискними валами (перший 4 та другий 5 гарячі преси). По ходу паперу лінійний тиск збільшується та на останньому валу складає 10 кН/м. Паперове полотно сухістю після пресової частини 26...30 % проходячи між гарячими пресами та сушильним циліндром, додатково зневоднюється до сухості 40...45 %. Така висока сухість пояснюється зниженням в'язкості води, нагрітої на ділянці циліндра, де розташовані гарячі преси.

Лоцильний циліндр 6 складається з барабана, двох торцевих кришок та двох цапф, з'єднаних всередині для більшої міцності циліндра. Подача пари в циліндр проводиться з лицьової сторони, а відведення конденсату – з приводної. Циліндр встановлюють на сферичних роликотпідшипниках. Корпус підшипника з лицьової сторони може переміщуватися при температурному розширенні циліндра. Корпуси підшипників оснащені отворами для підведення та відведення мастила та встановлення датчиків контролю температури підшипників.

Паровпускні головки встановлені з лицьової та приводної сторін; через парову головку з лицьової сторони подається пара, а з приводної сторони видаляється конденсат. Необхідно підтримувати робочий тиск водяної пари в

					ЛБ51.705535.001 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Піпис	Дата		

лощильному циліндрі рівним 0,8 МПа та температуру водяної пари в лощильному циліндрі рівною 185 °С.

Поверхня лощильного циліндра у чистому стані підтримується за допомогою трьох шаберів. Лінійний тиск цих шаберів (збільшується по ходу паперу до 0,05 кН/м) більше, ніж у звичайних шаберів. Перший з шаберів запобігає намотуванню паперу при його обриві, а другий та третій очищують поверхню циліндра.

В якості першого гарячого пресу 4 використовують жолобчастий вал діаметром 1100 мм. Пресовий вал складається з барабана, двох цапф. Подача води для охолодження пресового валу проводиться з лицьової сторони, а відведення – з приводної. Пресовий вал встановлюють на сферичних роликотпідшипниках. Корпус підшипника з лицьової сторони може переміщуватися при температурному розширенні валу. Корпуси підшипників оснащені отворами для підведення та відведення мастила та встановлення датчиків контролю температури підшипників.

В якості другого гарячого пресу 5 використовують вал з глухими отворами діаметром 800 мм. Другий гарячий прес за конструкцією аналогічний до першого гарячого пресу.

На сучасних папероробних машинах встановлюють механізм притискання та піднімання пресового валу пневматичної або гідравлічної дії.

В процесі роботи пресове сукно забруднюється, що призводить до зниження вологопропускної властивості. Тому пресове сукно очищують за допомогою сукномийки, яка створює вакуум 30 кПа.

Також в процесі роботи пресове сукно розтягується. Тому для підтримання постійного натягу сукна використовують сукнонатяжку .

Після сушильного циліндра паперове полотно направляється на накат.

					ЛБ51.705535.001 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Піпис	Дата		

### 3.2 Вибір та обґрунтування матеріалів оснащення жолобчатого валу

Вибір матеріалів починати з уточнення робочих умов: температури, тиску, концентрацій робочих середовищ. При виборі матеріалу для виготовлення валу необхідно враховувати наступне: механічні властивості матеріалу – границя міцності, відносне подовження, твердість тощо.

Цапфи пресових валів виготовлені зі сталі 40Х ГОСТ 4543 – 71, так як саме ця сталь при своїй меншій питомій масі, ніж високо вуглецева сталь забезпечує оптимальну збалансованість міцності та твердості для валів, цапф, осей та ін. Матеріал оболонки валу – сірий чавун СЧ18-36 ГОСТ 1412-70, який використовують для важливих виливок, що не мають поверхні ковзання. Чавун марки СЧ 18 - 36 може бути допущений для виготовлення корпусів валів папероробних машин.

### 3.3 Порівняння основних показників розробленої конструкції з аналогами

За аналог візьмемо самозйомну папероробну машину [4], яка включає в себе такі складові: перший та другий гарячі преси, циліндр лоцильний, вали сукноведучі, вали сукноправні, сукномийки та сукноправки (рисунок 3.1).

До переваг існуючої конструкції пресової частини папероробної машини слід віднести високу інтенсивність процесу зневоднення паперового полотна та відсутність вірогідності розриву останнього.

До недоліків існуючої конструкції можна віднести невисоку продуктивність за рахунок відносно невисокої швидкості папероробної машини, нерівномірну сухість по ширині паперового полотна, що призводить до зниження якості паперу.

Модернізація пресової частини полягає у введенні в конструкцію парового ящика, у зв'язку з чим відбувається збільшення сухості паперового полотна (до 10 %), збільшення швидкості папероробної машини (на 12,5 %) і, як

					ЛБ51.705535.001 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Піпис	Дата		

наслідок, збільшення годинної (на 12,5 %) та річної (на 12,9 %) продуктивності. Таким чином, також покращилась якість паперового полотна без зміни ціни.

Модернізація призвела до зменшення маси та зниження потужності двигунів установки.

Основні показники базової та вдосконаленої пресової частини подано в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Основні показники базової та вдосконаленої пресової частини

Показник	Одиниця	Пресова частина	
		базова	проектowana
Зайнята площа	м <sup>2</sup>	126	126
Годинна продуктивність	т/год	7	8,9
Продуктивність за рік	т/рік	62800	64281
Швидкість машини	м/хв	1230	1230
Паровий ящик	шт.	—	1
Сухість паперового полотна після пресу	%	48	50
Встановлена потужність	кВт	960	550
Маса	т	112	107,5

					ЛБ51.705535.001 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Піпис	Дата		



### 3.4 Відомості про використанні винаходи і патентну чистоту

Предмет пошуку – пресова частина папероробної машини, пресовий вал.

Мета пошуку – визначення патентоспроможності проєктованого апарата й визначення тенденцій розвитку даного напрямку в техніці.

Встановлюємо такі держави пошуку: Україна, Російська Федерація, США, Німеччина, Франція, Японія, Швейцарія, Корея.

Термін дії патенту на винахід в Україні – 10 років, тому регламент пошуку встановлюємо такий: 2009–2019 рр.

Класифікаційні індекси:

- міжнародна патентна класифікація: МПК4, МПК5, МПК6 – D 21 F 3/08, D 21 F 3/00, D 21 F 3/04, 2/00, D 21 G 1/02;

- уніфікована десяткова класифікація: УДК 621.9, 621.927.3, 621.928, 621.928.028, 621.928.3, 622.2, 676.1.

Джерела інформації:

- патентна інформація: описи до винаходів, офіційні патентні бюлетені Держпатенту України, Роспатенту й Держпатент;

- науково-технічна інформація: підручники й навчальні посібники з курсу устаткування для підготовки паперової маси.

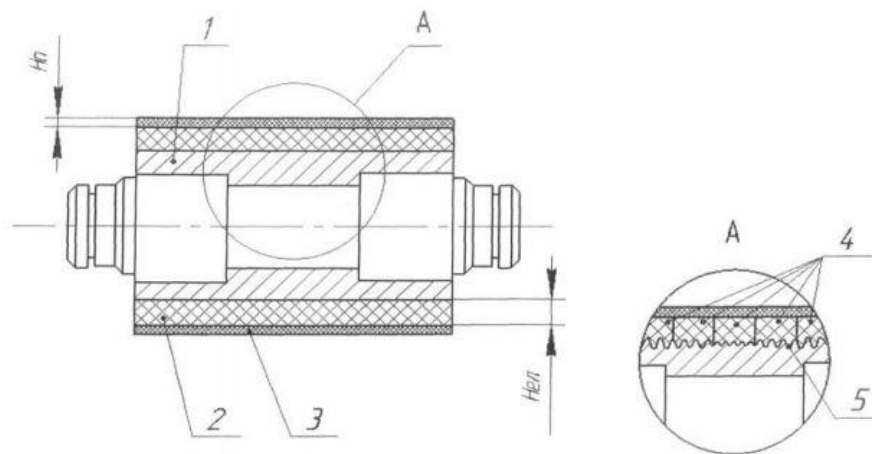
Суттєвими ознаками апарата є: пресові вали; нескінченно довгі пресові сукна; вали, що нагріваються; притискні вали; лоцильний циліндр.

Для докладного аналізу було обрано патенти [5 - 11].

У патенті [5] представлено пресовий вал (рисунок 3.2). Задача винаходу - інтенсифікація процесу та підвищення якості пресування полотна. Поставлена задача вирішується тим, що пресовий вал має металевий сердечник, на якому розміщені верхній пористий шар та внутрішній еластичний, який складається з дев'яти зон, що мають різну твердість, яка поступово збільшується від країв вала до його середини, тобто дві крайні зони мають найменшу твердість, а середня - найбільшу, а зовнішня поверхня металевого сердечника вала виконана у формі ребристих зубців висота, яких зменшується від країв вала до його середини.

					ЛБ51.705535.001 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Піпис	Дата		

При стисканні крайніх зон прогинаючим сердечником вони передають на сердечник такі ж по величині зусилля, як і середня частина внутрішнього еластичного шару, стиснутий на меншу величину, але більш твердий, тому в цьому валу навантаження на сердечник із середини вала буде рівномірним. Крім того, зони еластичного матеріалу, які мають найменшу твердість, піддаються найбільшій деформації, тому при стисканні полотна в захваті між валами збільшується зона пресування, завдяки чому полотно ефективніше зневоднюється.



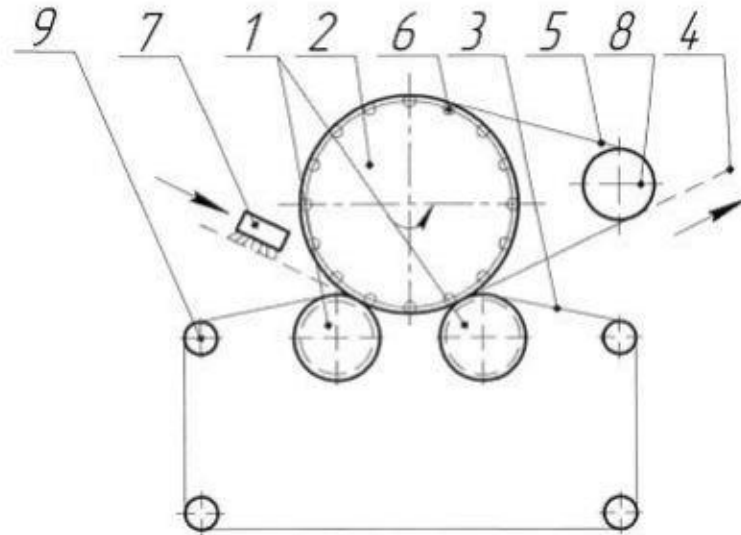
1 – металевий сердечник; 2 – еластичний шар; 3 – пористий шар;  
4 – дев'ять зон; 5 – ребристі зубці.

Рисунок 3.2 – Пресовий вал

У патенті [6] представлено прес картоноробної машини (рисунок 3.3). Паперове полотно 4, підігріте інфрачервоним випромінювачем 7, на сукні 3 почергово проходить пресові захвати, що утворені жолобчатими валами 1 та нагрітим до температури 200-300 °С валом 2, який огортає термопластична стрічка 5. Остання для зниження адгезії паперового полотна може бути виготовлена з сітки з термопластичного матеріалу з дрібними чарунками. Нагріта до високої температури термопластична стрічка 5 при доторканні з 40 паперовим полотном 4 передає йому тепло. Завдяки цьому знижується в'язкість рідини в порах паперового полотна і поліпшується пластичність волокон. Після першого захвату преса нагріте паперове полотно 4 надходить на пресовий захват, утворений верхнім валом 2 і другим жолобчатим валом 1. Після

					ЛБ51.705535.001 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Піпис	Дата		

зневоднення в останньому пресовому захваті паперове полотно 4 продовжує контактувати зі стрічкою 5, завдяки чому потрапляє на наступний прес більш 45 підігрітим. Це дозволить полотну більш інтенсивніше зневоднюватися на наступній конструкції папероробної чи картоноробної машини.

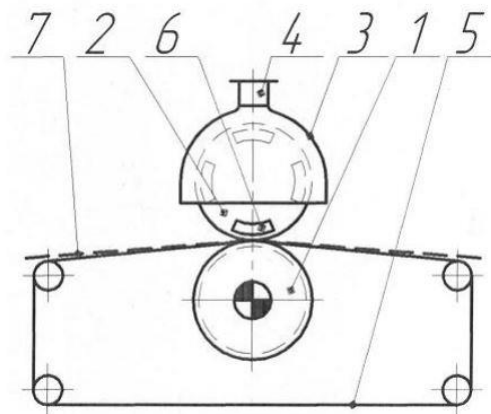


- 1 - жолобчаті пресові вали; 2 - пресового вал; 3 – сукно;  
 4- паперове полотно; 5 - термопластична стрічка;  
 6 - нагрівальні елементи; 7 - інфрачервоний випромінювач;  
 8 - сітководучий вал; 9 - сукноведучі валики.

Рисунок 3.3 – Прес картоноробної машини

					ЛБ51.705535.001 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Піпис	Дата		

У патенті [7] представлено прес для гарячого пресування паперового волокна (рисунок 3.4).



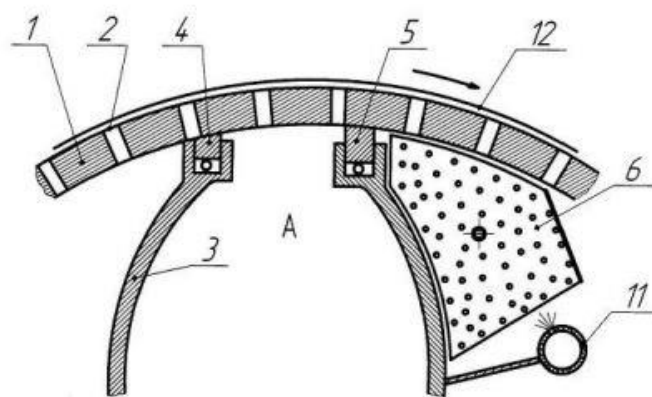
1 - нижній пресовий вал; 2 - верхній пресовий вал; 3 – ковпак; 4 - патрубок для відведення пари; 5 – сукно; 6 - нагрівачий пристрій.

Рисунок 3.4 – Прес для гарячого пресування паперового волокна.

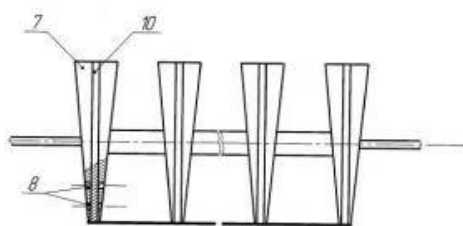
Вологе паперове полотно 7 потрапляє на пресове сукно 5 і надходить в захват пресу між верхнім пресовим валом 2, який нагрівається нагрівачим пристроєм 6, та нижнім пресовим валом 1. При проходженні паперового полотна між пресовими валами 1 та 2 утворюється велика кількість пари, яка потрапляє у ковпак 3. Пара з ковпака 3 відводиться через патрубок для відведення пари 4. Тепловий потік, який випромінюється від валу до ковпака 3 екранується в зворотному напрямі. Ковпак 3 захищає верхній гарячий вал від потоків повітря з навколишнього середовища. Запропонована конструкція преса дозволяє зменшити витрати тепла в навколишнє середовище та запобігти потраплянню пари на робочі місця персоналу цеху.

У патенті [8] представлено прес папероробної машини (рисунок 3.5). Метою винаходу є інтенсифікація процесу пресування.

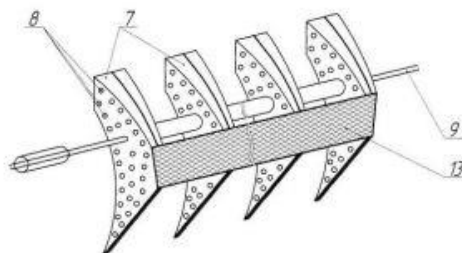
					ЛБ51.705535.001 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Піпис	Дата		



Фиг.1



Фиг.2



Фиг.3

1 – оболонка; 2 – перфорація; 3 – вакуумна камера; 4, 5 – ущільнення;  
6 – пристрій для глушіння шуму; 7 – набір пластин; 8 – глухі отвори;  
9 – загальна тяга; 10 – прокладка; 11 – трубчатий сприск;  
12 – зовнішнє покриття.

Рисунок 3.5 – Вал відсмоктуючий.

Ціль корисної моделі - зниження рівня шуму. Це досягається тим, що пристрій виконано у вигляді набору пластин, які в перерізі на виді зверху мають форму зрізаного конуса та змонтовані паралельно одна одній перпендикулярно до сорочки вала на загальній тязі, що розташована уздовж заднього ущільнення вакуумної камери, а також сітки на торцях пластин.

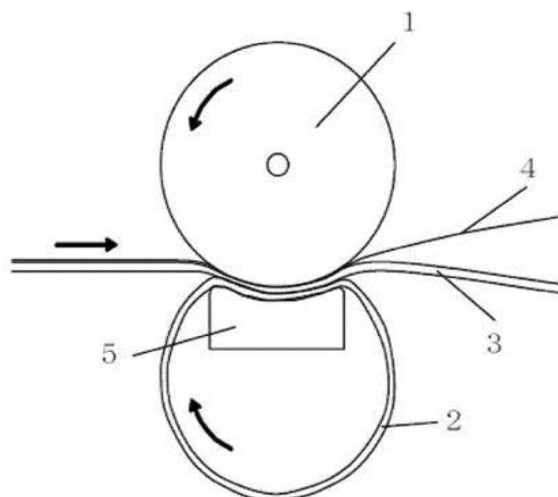
На рисунку 3.5 показаний поперечний розріз вала відсмоктуючого; на рисунку 2 і 3 показані змонтовані на тязі пластини з сіткою.

У патенті [9] представлено пресову частину ПРМ та КРМ (рисунок 3.6). В основу корисної моделі поставлено задачу вдосконалення конструкції пресової частини з метою усунення метало-, матеріало- та енергоємності конструкції і збільшення часу проходження процесу сушіння. Поставлена задача

Рисунок 3.6 – Пресова частина ПРМ та КРМ

паперове повотно при оптимальній тем

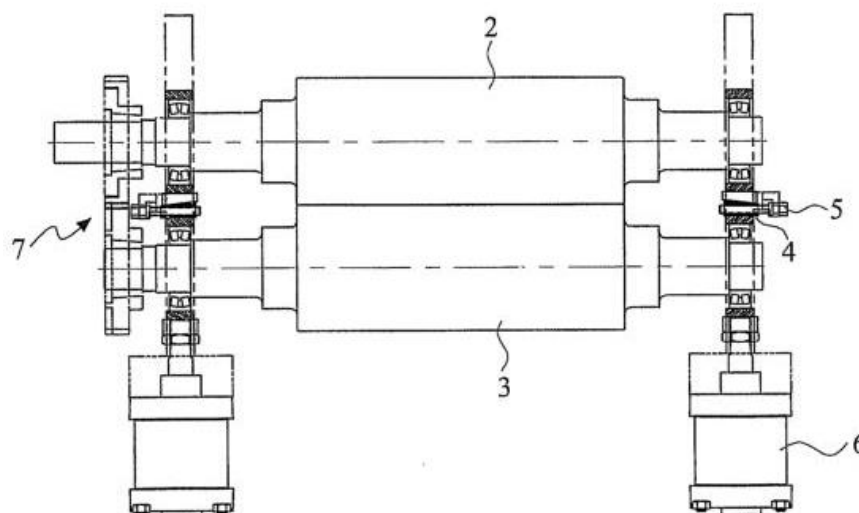
У патенті [10] представлено спосіб пресування паперової маси (рисунок



1 – притискний вал; 2 – поліуретановий ремінь; 3 – сукно;  
4 – паперове волокно; 5 – башмак.

Рисунок 3.7 – Спосіб пресування паперової маси.

У патенті [11] представлено пресову частину для пресування волокнистої маси (рисунок 3.8). Пропонований прес відрізняється від аналогів тим, що він має гумове покриття нижнього валу, що забезпечує більшу площу контакту волокнистої маси та пневматичні опори для забезпечення потрібного лінійного тиску між валами. Така конструкція забезпечує можливість пресування різних типів паперового та картонного полотна.



2 – верхній вал; 3 – нижній вал; 4 – передаточна пара;  
5 – регулювальний болт; 6 – пневматичні опори.

Рисунок 3.8 – Пресова частина

					ЛБ51.705535.001 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Піпис	Дата		

Використання пресового валу пропонованої конструкції дозволяє інтенсифікувати процес пресування паперового полотна, збільшити його кінцеву сухість.

У результаті проведених патентних досліджень встановлено:

- конструкція розроблюваної пресової частини папероробної машини за основними характеристиками не поступається розглянутим аналогам і відповідає сучасному рівню розвитку техніки;

- у розроблюваному апараті не використано суттєвих ознак, якими відрізняються проаналізовані прототипи. Усі суттєві ознаки розроблюваного апарата є достатньо відомими. Це дозволяє припустити, що застосування конструкції не потребуватиме придбання ліцензії на випуск нової продукції;

- останнім часом винахідницька активність в промислово розвинених країнах у розглянутій галузі спрямована на патентування як апаратів в цілому, так і окремих їхніх частин. Основна увага приділяється підвищенню ефективності роботи апаратів, зменшення їхньої матеріалоемності, спрощення конструкції та затрат енергії на одержання одиниці продукції;

- провідними державами в галузі патентування пресової частини папероробної машини є Японія, США, Німеччина. Винахідницька активність в Україні та Російській Федерації протягом останніх років скорочується.

					ЛБ51.705535.001 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Піпис	Дата		



## 4 Охорона праці

На сьогодні розвиток науки та техніки призводить до багатьох нововведень у сферах матеріального виробництва, принципово вносячи зміни у процеси виробництва та матеріали, що використовуються, знаряддя праці, предмети, тощо.

Удосконалення самої технології, а також устаткування призводить до змін у трудовому процесі та умовах праці загалом. Тому при розробці сучасної техніки, технологічних процесів, а також організації виробництва виникає потреба у проведенні наукового аналізу усіх факторів, що можуть призвести до небезпеки та шкоди для людини, а також розроблення цих факторів, які в свою чергу спрямовані до мінімізації їх шкідливого впливу на організм людини. Темою даного дипломного проекту є «Модернізація першого гарячого пресу».

Кожного дня службою охорони праці на підприємстві проводиться робота з охорони праці відповідно. Ця служба створюється на підприємствах, у виробничих об'єднаннях, колективних, кооперативних та інших організаціях сфери виробництв з числом працюючих від 50 осіб.

Для персоналу який обслуговує пресову частину папероробної машини розроблені заходи. Пресова частина має виробничу площу в 126 м<sup>2</sup>.

Робота на виробництві з виготовлення паперу та картону відноситься до категорії робіт з підвищеною небезпекою.

Конструктивна частина жолобчатого преса розміщена в закритому приміщенні та пов'язана з використанням складного устаткування. При модернізації пресової частини ПРМ є необхідність у передбаченні засобів захисту від факторів що можуть мати шкідливу дію. При цьому на робочому місці інженера який займається обслуговуванням пресової частини будуть такі шкідливі від виробництва фактори: вібрація; можливість ураження електричним струмом; шум від виробництва; пожежна небезпека; рухомі та обертові механізми та машини; тепловипромінювання, пара, нагріта поверхня

					ЛБ51.705535.001 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Піпис	Дата		

устаткування; запиленість пилом від паперу, який при підвищених концентраціях може призвести до вибуху.

#### 4.1 Електробезпека

Приміщення в якому встановлено ПРМ згідно з класифікацією приміщень за ступенем загрози електричним струмом відносять до класу приміщень з підвищеною загрозою ураження, згідно ПУЕ-6.

В цеху де розташовується пресова частина ПРМ і безпосередньо для роботи машини використовують струм з напругою  $U = 220/380 \text{ В}$  та частотою  $f = 50 \text{ Гц}$  з ізольованою нейтраллю.

При установці обладнання та його елементів, експлуатації та обслуговуванні системи автоматичного керування працюють загальноприйняті правила роботи, прийняті для електричних установок (ПУЕ-92).

Усі складові частини системи автоматичного управління, по яких проходить напруга, що перевищує  $42 \text{ В}$  по відношенню до корпусу, мають захисне покриття від необережних дотиків під час роботи.

При нормальній роботі безпечна експлуатація забезпечується такими захисними заходами:

- ретельне ізолювання усіх струмоведучих елементів конструкції;
- укладання кабелів у «рукави»;
- захист сітчастими огорожами частин які проводять струм;
- встановлення електричного блокування на огорожі частин, що проводять струм;
- позначення місць з підвищеним шансом ураження струмом попереджувальними сигналами та знаками ( таблички з відповідними написами; застережливі знаки високої напруги; локалізація і фарбування у відповідні кольори неізолюованих частин та ізоляції);
- екіпірування обслуговуючого персоналу засобами захисту (діелектричні килимки, рукавиці, індикатори струму та напруги);

					ЛБ51.705535.001 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Піпис	Дата		

– використання захисного заземлення при аварійному режимі , згідно ГОСТ 12.1.030 – 86.

Спеціальним розділом посадових інструкцій та інструкцій по експлуатації технічних засобів встановлюються вимоги по техніці безпеки [13].

## 4.2 Віброзахист

Елементи пресової частини ПРМ є основними джерелами вібрації в приміщенні. Саме такими елементами є пресові вали, вали по яких проходить сукно та папір, електродвигуни, насоси та вентиляторні установки. Відповідно в таких конструктивних частинах можливе виникання невідновжених сил, що передаються будівельними конструкціями, в свою чергу спричиняючи їх вібрацію.

Вібрації будівельних конструкцій спричиняють шум в сусідніх приміщеннях. Саме тому розташування інженерного обладнання в таких приміщеннях зумовлює собою вживання заходів щодо зменшення вібраційного впливу на будівельні конструкції до величин, які можуть забезпечити допустимий рівень шуму в приміщеннях.

Найефективнішим методом зменшення вібрації даних будівельних конструкцій є зниження сил які виникають під час роботи, а саме динамічних навантажень, що створює пресова частина [13].

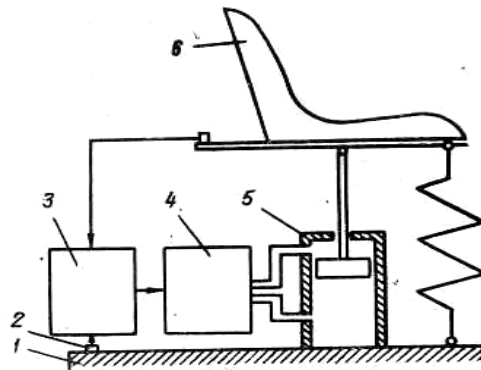
Для запобігання сказаного вище виконано наступні роботи:

- ретельне динамічне балансування частин агрегатів, що обертаються;
- центрування з'єднань муфт з електродвигуном;
- ліквідацію перекосів та великих зазорів у підшипниках;
- надійне закріплення рознімних частин обладнання (кришок підшипників, з'єднувальних фланців трубопроводів );
- введення ребер жорсткості.

					ЛБ51.705535.001 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Піпис	Дата		

Обладнання, яке створює неабиякі динамічні навантаження, рекомендується монтувати на окремих фундаментах, що не пов'язані з каркасами будівель або в підвалах.

На рисунку 4.1 представлено схему електрогідравлічної системи віброізоляції оператора пресової частини папероробної машини.



1 – вібруюча основа; 2 – датчики; 3 – електроаналоговий пристрій;

4 – сервомеханізм; 5 – поршень; 6 – крісло оператора

Рисунок 4.1 – Система віброізоляції оператора

Між основою яка вібрує 1 та операторським кріслом 6 встановлюється гідроциліндр з поршнем який керується. Зміна тиску в циліндрі регулюється сервомеханізмом 4, яким керує електроаналоговим пристроєм 3 за допомогою сигналів, які зчитуються з датчиків 2, що реагують на коливання основи та операторського крісла.

Після проведення даних заходів рівень вібраційних коливань на частоті  $f = 4$  Гц становить не вище 90 дБ, що відповідає положенням ДСН 3.3.6.039-99 [13].

### 4.3 Виробничий шум

Конструкція пресової частини ПРМ розміщена в приміщенні закритого типу та спричиняє постійний шум.

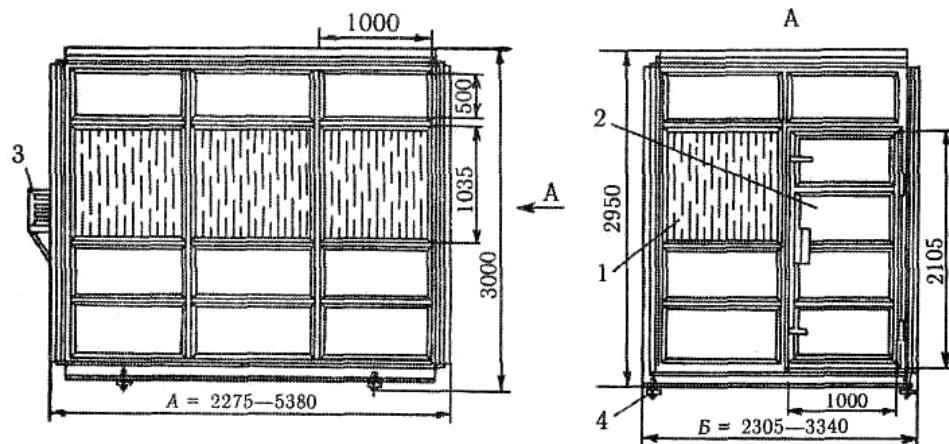
					ЛБ51.705535.001 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Піпис	Дата		

Вали які обертаються, електродвигуни та інше устаткування є головними причинами даного шуму при роботі частини ПРМ, що пресує. За своє природою такий шум є механічним та гідро-аеродинамічним.

З ціллю захисту від шуму персоналу який займається обслуговуванням на виробничих дільницях з шумним обладнанням та шумними технологічними процесами вжито наступні заходи:

- забезпечення персоналу, який працює в приміщені, навушниками ПШН-Б ГОСТ 12.4.051.87, що знижують рівень шуму до 28 дБА, і проти шумними вкладишами „Беруши СТ-1” ТУУ 25513947.002-99, що знижують рівень шуму до 16...20 дБА.

- монтаж кабіни дистанційного контролю та спостереження за процесами, що проходять на пресовій частині ПРМ. При використанні кабін зі звукоізоляцією, забезпечується необхідне зниження шуму. На рисунку 4.2 представлено кабінку для спостереження та дистанційного керування пресовою частиною ПРМ. Такий тип кабіни відноситься до третього класу за акустичною ефективністю та дозволяє знизити рівень шуму до 80 дБА.



1 – вікно; 2 – двері; 3 – кондиціонер; 4 – опора віброізолююча

Рисунок 4.2 – Кабіна спостереження та дистанційного управління

Після проведених заходів рівень шуму становить не вище 65-70 дБА, що відповідає нормам ДСН 3.3.6.037-99.

					ЛБ51.705535.001 ПЗ		Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Піпис	Дата			

#### 4.4 Виробниче освітлення

Пресова частина ПРМ розташовується в приміщенні з природним та штучним освітленням. У відповідності до стандартів та норм освітленості для даного типу устаткування та IV розряду зорових робіт значення освітленості складає  $E_n = 200$  лк [13].

Для забезпечення нормальних умов праці освітлення на виробництві має відповідати наступним вимогам: освітленість на робочому місці повинно відповідати санітарно-гігієнічним нормам; яскравість на робочій поверхні та у межах простору навколо має розподілятися скрізь рівномірно; на поверхні де працюють не мусить бути різких тіней; відсутність блиску у полі зору; освітлення має забезпечувати необхідний спектр світла для нормальної та правильної передачі кольору.

Для забезпечення природного освітлення в приміщенні встановлено 20 одиниць стандартних вікон із подвійними рамами розміром 1,5...1,7 м, які зроблені з дерева та відповідають нормам освітленості у денний час.

Для забезпечення штучного освітлення в темну пору доби використовується 12 одиниць дугових ртутно-люмінесцентних ламп типу ДРЛ 700 потужністю 700 Вт (напруга – 220 В, світловий потік – 35000 лм,  $E_{\text{факт}} = 300$  лк). Для рівномірності освітлення вони розташовуються у два ряди по 6 одиниць в кожному. За допомогою цих ламп створюється світло, що за яскравістю подібне до природного. Фактична освітленість для даного типу ламп становить 225 лк, що відповідає нормам освітленості згідно ДБН В.2.5-28-2006.

#### 4.5 Пожежна безпека

Папір та картон у яких температура займання досить низька (близько 250 °С) є основним робочим матеріалом при роботі. При роботі пресової частини ПРМ також використовуються горючі мастильні матеріали.

					ЛБ51.705535.001 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Піпис	Дата		

У відповідності до ОНТП 24 – 86 [5] приміщення для пресової частини ПРМ відноситься до категорії В – пожежонебезпечні, так як містять горючі речовини, клас зони П – П (ПУЕ). Згідно з СНиП 2.01.02-85 приміщення відноситься до першого ступеня вогнетривкості. Кількість поверхів не обмежується. У межах пожежних відсіків площа поверхів не обмежується.

Для захисту від можливих пожеж необхідно регулярно відводити пил із пресової частини ПРМ, завчасно прибирати бракований папір, зберігати легкогорючі матеріали в спеціально відведених металевих ящиках, палити тільки у відповідних зонах які розташовані за межами цеху де розташована машина.

Для запобігання та ліквідування можливих пожеж передбачаються наступні заходи: встановлення відповідних сигнальних пристроїв та системи електричної пожежної сигналізації (ЕПС), що реагують на підвищення температури та появу диму, а також забезпечення засобами оперативного зв'язку з пожежною частиною; встановлення установок автоматичного реагування на пожежу та подальшого гасіння; використання заземлення для запобігання від статичної електрики: планування приміщення для забезпечення двох евакуиходів шириною не менше 2м та із відстанню від найвіддаленішої точки приміщення яка відповідає СНиП; комплектування приміщення первинними засобами для гасіння пожеж: вогнегасників ОУБ – 3А – 10шт., ящиків з піском місткістю 0,5 м<sup>3</sup> – 6 шт. разом із совковими лопатами, гідрантами – 12 шт.; протипожежні покривала із негорючого матеріалу; встановлення відповідних бочок для пожежогасіння.

При пожежі в першу чергу негайно потрібно вимкнути приливну та витяжну вентиляції, при цьому знизивши швидкість машини до мінімуму. Не рекомендується зупиняти машину без особливого розпорядження. В місцях накопичення сухого бракованого паперу необхідне встановлення системи автоматичного пожежогасіння (вище описаної). При перших проявах пожежі негайно вжити первинні заходи пожежогасіння.

Протипожежна безпека пресової частини ПРМ відповідає нормам та вимогам СНиП 2.01.02-85.

					ЛБ51.705535.001 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Піпис	Дата		

## 5 Розрахунки, які підтверджують працездатність та надійність конструкції

### 5.1 Матеріальний баланс та розрахунок сухості паперового полотна після пресу

Схему зневоднення паперового полотна на пресовій частині папероробної машини показано на рисунку 5.1.

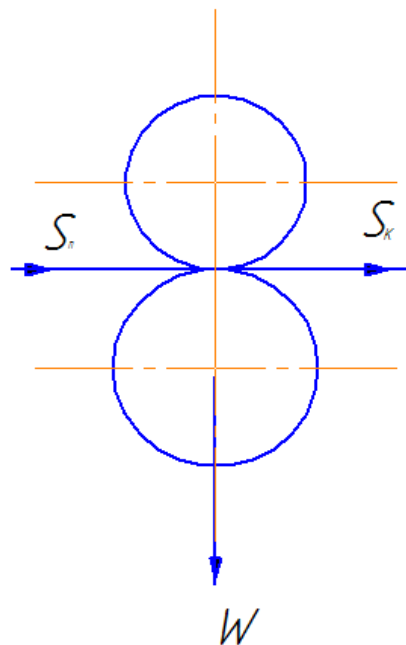


Рисунок 5.1 – Схема зневоднення паперового полотна на першому гарячому пресі папероробної машини

Метою розрахунку є визначення кількості води, видаленої на пресі та розрахунок кінцевої сухості паперового полотна після пресу.

Вихідні дані до розрахунку:

Обрізна ширина паперового полотна $B$ , м	4,2
Швидкість папероробної машини $V$ , м/хв.	1230
Маса 1 м <sup>2</sup> паперового полотна $g$ , г/м <sup>2</sup>	30
Початкова сухість паперового полотна $s_{п}$ , %	25
Кінцева сухість паперового полотна $s_{к}$ , %	50
Лінійний тиск між валами пресу в першому захваті $q_{л}$ , кН/м	100



Розрахунок проводимо за методикою, наведеною у [14].

Визначаємо кількість води, що віджимається на 1 кг абсолютно сухого паперу, втратами волокна знехтуємо:

- на першому пресі:

$$W = \frac{100}{S_{\Pi}} - \frac{100}{S_K} = \frac{100}{25} - \frac{100}{50} = 2 \quad \text{кг/кг},$$

де  $S_{\Pi}$  – початкова сухість паперового полотна, %;

$S_K$  – кінцева сухість паперового полотна, після пресової частини, %;

$W$  – кількість води, яка віджимається на 1 кг а.с.п. на пресі;

Розраховуємо секундну продуктивність папероробної машини по а. с. паперу:

$$Q_C = BVgS = 4,25 \cdot 20,5 \cdot 0,03 \cdot 0,95 = 2,48 \quad \text{кг/с},$$

де  $B$  – обрізна ширина паперового полотна, м;

$V$  – швидкість папероробної машини, м/с;

$g$  – маса 1 м<sup>2</sup> паперового полотна, г/м<sup>2</sup>;

$S$  – сухість на накаті.

Розраховуємо кількість води, видаленої пресі:

$$G = Q_C W = 2,48 \cdot 2 = 4,96 \quad \text{кг/с};$$

Розраховуємо середній питомий тиск між валами пресів:

$$\text{- на першому пресі: } P_{CP1} = \frac{21,74 \cdot q_{\Pi}^{0,737}}{D^{0,4} \cdot T^{0,275}} = \frac{21,74 \cdot 100^{0,737}}{0,79^{0,4} \cdot 30^{0,275}} = 279,25 \quad \text{кН/м}^2,$$

де  $q_{\Pi}$  – лінійний тиск між валами пресу, кН/м;

$D$  – діаметр валу пресу, м;

$T$  – твердість гумового покриття нижнього валу, одиниць ТШМ – 2.

Розраховуємо сухість паперового полотна після пресу, %:

$$S_K' = \frac{A \cdot \alpha_0 \cdot m_0 \cdot P_{CP1}^{\gamma} \cdot S_C^{\theta} \cdot S_{\Pi}^{\omega} \cdot g^{\beta}}{v^{\epsilon} \cdot III^{\psi}} = \frac{1,21 \cdot 1,04 \cdot 32,24 \cdot 279,25^{0,147} \cdot 20^{0,07} \cdot 25^{0,131} \cdot 30^{0,1}}{1230^{0,067} \cdot 30^{0,272}} = 50,0045,$$

де  $A$  – коефіцієнт, який характеризує конструкцію пресу;

$\alpha_0$  – коефіцієнт виду паперу;

					ЛБ51.705535.001 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Піпис	Дата		

$m_0$  – коефіцієнт, який залежить від марки сукна, маси паперу і швидкості машини;

$S_c$  – сухість сукна перед пресом, %;

$s_{II}$  – сухість паперу перед пресом, %;

$V$  – швидкість папероробної машини, м/хв;

$\beta$  – коефіцієнт маси паперу;

$ШР$  – ступінь помолу маси, °ШР;

$\gamma, \theta, \omega, \varepsilon, \psi$  – дослідні коефіцієнти.

Отримане значення сухості після першого пресу не повинно відрізнятись від заданого на величину, яка розраховується за формулою, %:

$$\left| S_K - S_K' \right| \leq \frac{S_K}{200}$$
$$|50 - 50,0045| = 0,0045 < \frac{50}{200} = 0,25$$

Отже, умова виконується.

Висновок: умова сухості виконується, величина кінцевої сухості складає 50.0045%

					ЛБ51.705535.001 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Піпис	Дата		

## 5.2 Розрахунок жолобчатого валу

### 5.2.1 Розрахунок жолобчатого валу на міцність та жорсткість

Розрахункову схему показано на рисунку 5.2.

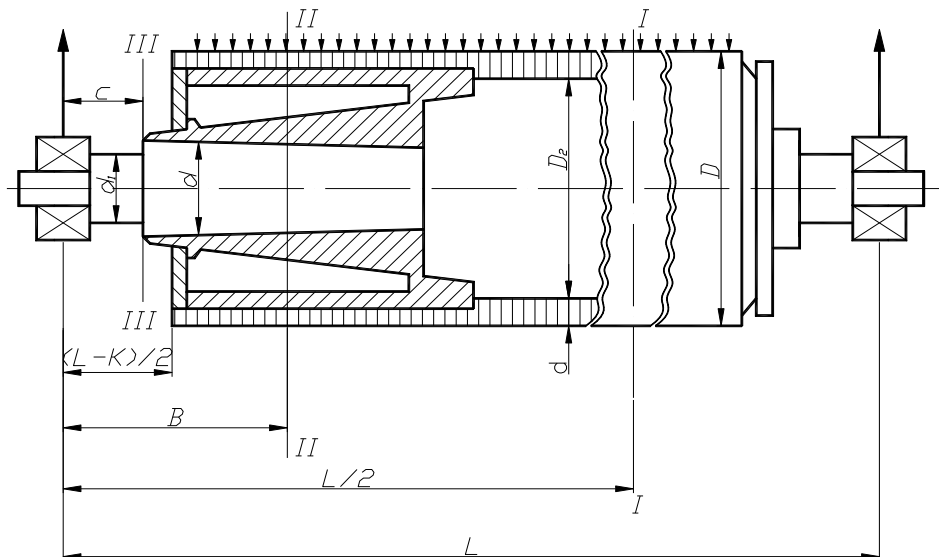


Рисунок 5.2 – Розрахункова схема пресового валу

Мета розрахунку: підбір матеріалу та конструкції, що задовільняють умовам міцності.

Вихідні дані до розрахунку:

Довжина валу між осями підшипників $L$ , м	5,45
Зовнішній діаметр оболонки валу $D$ , м	0,75
Внутрішній діаметр оболонки валу $D_2$ , м	0,5
Діаметр цапфи валу $d_{ц}$ , м	0,32
Довжина цапфи валу $l$ , м	0,8
Довжина оболонки валу $K$ , м	4,7

Розрахунок проводимо за методикою, наведеною у [14].

Матеріал оболонки валу – сірий чавун СЧ18-36, матеріал цапф – сталь 40Х.

Розраховуємо силу тяжіння цапфи валу за формулою:

$$G_{ц} = \frac{\pi d_{ц}^2}{4} \cdot l_{ц} \cdot \rho_{ц} \cdot g = \frac{3,14 \cdot 0,32^2}{4} \cdot 0,8 \cdot 7860 \cdot 9,81 = 4960 \text{ Н},$$

ЛБ51.705535.001 ПЗ					Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Піпис	Дата	

де  $d_{ц}$  – діаметр цапфи валу, м;

$l_{ц}$  – довжина цапфи валу, м;

$\rho_{ц}$  – густина матеріалу цапфи, кг/м<sup>3</sup>;

$g$  – прискорення вільного падіння, м/с<sup>2</sup>.

Розраховуємо силу тяжіння оболонки валу за формулою:

$$G_p = \frac{\pi(D^2 - D_2^2)}{4} \cdot k \cdot \rho \cdot g = \frac{3,14 \cdot (0,75^2 - 0,5^2)}{4} \cdot 4,7 \cdot 7250 \cdot 9,81 = 82043 \text{ Н},$$

де  $D$  – зовнішній діаметр оболонки валу, м;

$D_2$  – внутрішній діаметр оболонки валу, м;

$k$  – довжина оболонки валу, м;

$\rho$  – густина матеріалу оболонки валу кг/м<sup>3</sup>.

Розраховуємо силу тяжіння валу з підшипниками за формулою:

$$G_{ж} = 2 \cdot G_{ц} + G_p + G_{п} = 2 \cdot 4960 + 82043 + 2 \cdot 95,4 \cdot 9,81 = 95709 \text{ Н},$$

де  $G_{п}$  – сила тяжіння підшипників валу, Н.

Розраховуємо інтенсивність навантаження на вал:

- від натягу сукна:

$$Q_s = 2S_c = 2 \cdot 11500 = 23500 \text{ Н},$$

де  $S_c = S_b \cdot k = 2500 \cdot 4,7 = 11750 \text{ Н}$  – натяг сукна;

$S_b = 2,5 \text{ кН/м}$  – максимальне навантаження від натягу сукон.

Розраховуємо сумарну інтенсивність навантаження на вал:

$$Q = G_{ж} + Q_s + q_l \cdot k = 95709 + 23000 + 100000 \cdot 4,7 = 589210 \text{ Н}.$$

Розраховуємо момент інерції перерізу I-I корпусу валу:

$$I = \frac{\pi}{64} (D^4 - D_2^4) = \frac{3,14}{64} (0,75^4 - 0,5^4) = 12,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^4,$$

де  $D$  – зовнішній діаметр валу, м;

$D_2$  – внутрішній діаметр валу, м.

Розраховуємо прогин валу:

					ЛБ51.705535.001 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Піпис	Дата		

$$f = \frac{5 \cdot Q \cdot K^3}{384 \cdot E \cdot I} = \frac{5 \cdot 589210 \cdot 4,7^2}{384 \cdot 1,75 \cdot 10^{11} \cdot 12,5 \cdot 10^{-3}} = 9,31 \cdot 10^{-4} \text{ м},$$

де  $K$  – довжина оболонки валу, м;

$L$  – довжина валу між осями підшипників, м;

$E$  – модуль пружності чавуна, Н/м<sup>2</sup>.

Розраховуємо відносний прогин валу:

$$\xi = \frac{f}{K} = \frac{5,1 \cdot 10^{-4}}{4,7} = 10,75 \cdot 10^{-5} \text{ м}.$$

Перевіримо умову жорсткості:

$$\xi \leq [\xi] \\ (0,000107 \text{ м} \leq 0,000167 \text{ м})$$

Отже, як видно з розрахунку, вал задовольняє умовам жорсткості.

Розраховуємо момент опору перерізу I-I оболонки валу:

$$W_I = \frac{2I}{D} = \frac{2 \cdot 12,5 \cdot 10^{-3}}{0,75} = 0,0332 \text{ м}^3.$$

Розраховуємо момент опору перерізу II-II цапфи валу:

$$W_2 = 0,1 d^3 = 0,1 \cdot 0,32^3 = 3,3 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3.$$

Розраховуємо момент опору перерізу III-III цапфи валу:

$$W_3 = 0,1 d_1^3 = 0,1 \cdot 0,3^3 = 2,7 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3.$$

Розраховуємо згинаючий момент у перерізі I-I оболонки валу:

$$M_1 = Q \left( \frac{L}{4} - \frac{K}{8} \right) = 589210 \cdot \left( \frac{5,45}{4} - \frac{4,7}{8} \right) = 456637 \text{ Нм}.$$

Розраховуємо згинаючий момент у перерізі II-II цапфи валу:

$$M_2 = Q \left( \frac{L-K}{4} \right) = 589210 \cdot \left( \frac{5,45-4,7}{4} \right) = 110476 \text{ Нм}.$$

Розраховуємо згинаючий момент у перерізі III-III цапфи валу:

$$M_3 = \frac{Q C}{2} = \frac{589210 \cdot 0,35}{2} = 103112 \text{ Нм}.$$

Розраховуємо напруження при згинанні у перерізі I-I оболонки валу [15]:

$$\sigma_1 = \frac{M_1}{W_I} = \frac{456637}{0,0332} = 13739140 \text{ Па} = 13,7 \text{ МПа} < [\sigma] = 76 \text{ МПа},$$

					ЛБ51.705535.001 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Піпис	Дата		

де  $[\sigma] = 76 \text{ МПа}$  – допустиме напруження матеріалу оболонки валу.

Розраховуємо напруження при згинанні у перерізі II-II цапфи валу:

$$\sigma_2 = \frac{M_2}{W_2} = \frac{11}{3,3 \cdot 10^{-3}} = 33714847 \text{ Па} = 33,7 \text{ МПа} < [\sigma] = 523 \text{ МПа},$$

де  $[\sigma] = 523 \text{ МПа}$  – допустиме напруження матеріалу цапф валу.

Розраховуємо напруження при згинанні у перерізі III-III цапфи валу:

$$\sigma_3 = \frac{M_3}{W_3} = \frac{103112}{2,7 \cdot 10^{-3}} = 38189515 \text{ Па} = 38,19 \text{ МПа} < [\sigma] = 523 \text{ МПа},$$

де  $[\sigma] = 523 \text{ МПа}$  – допустиме напруження матеріалу цапф валу.

Висновок: всі умови міцності та жорсткості жолобчатого валу виконуються.

### 5.2.2 Розрахунок жолобчатого вала на критичне число обертів

Розрахункову схему показано на рисунку 5.3.

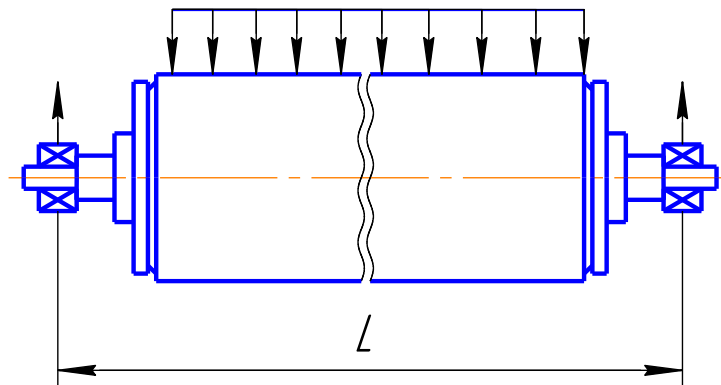


Рисунок 5.3 – Розрахункова схема пресового валу

Метою розрахунку є визначення робочого та критичного числа обертів та їх порівняння.

Вхідні дані до розрахунку:

Сумарне навантаження на вал  $Q$ , Н 589210

Відстань між центрами підшипників  $L$ , мм 5450

Лінійна швидкість полотна  $V$ , м/с. 20,5

Матеріал вала СЧ-18-36

					ЛБ51.705535.001 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Піпис	Дата		

Модуль пружності матеріалу вала  $E$ , Па

$1,75 \cdot 10^{11}$

Прогин валу під дією навантаження:

$$f = \frac{Q \cdot L^3}{384 \cdot E \cdot I} = \frac{5 \cdot 589210 \cdot 5,45^2}{384 \cdot 1,75 \cdot 10^{11} \cdot 12,5 \cdot 10^{-3}} = 5,69 \cdot 10^{-4} \text{ м},$$

де  $K$  – довжина оболонки валу, м;

$L$  – довжина валу між осями підшипників, м;

$E$  – модуль пружності чавуна, н/м<sup>2</sup>.

Критична кутова швидкість вала

$$\omega = \sqrt{\frac{g_T}{f}} = \sqrt{\frac{9,81}{5,69 \times 10^{-4}}} = 139 \text{ с}^{-1}$$

де  $g_T$  – прискорення сили тяжіння, м/с<sup>2</sup>

Робоче число обертів вала

$$n_p = \frac{V}{\pi \cdot D} = \frac{20,5}{3,14 \cdot 0,75} = 8,7 \text{ с}^{-1}$$

Робоча кутова швидкість вала

$$\omega_p = 2\pi n_p = 2 \cdot 3,14 \cdot 8,7 = 54,7 \text{ с}^{-1}$$

Відношення робочої частоти обертання вала до критичної

$$E = \frac{\omega_p}{\omega} = \frac{54,7}{127} = 0,392 < [K],$$

де  $[K] = 0,6$  – допустиме відношення робочої частоти обертання вала до критичної.

Висновок: оскільки розрахункове явище резонансу менше за допустиме значення ( $E < [E] = 0,6$ ), то умова відсутності явища резонансу виконується.

					ЛБ51.705535.001 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Піпис	Дата		

### 5.3 Розрахунок зусиль притискання

Розрахункова схема зусиль притискання наведена на рисунку 5.4.

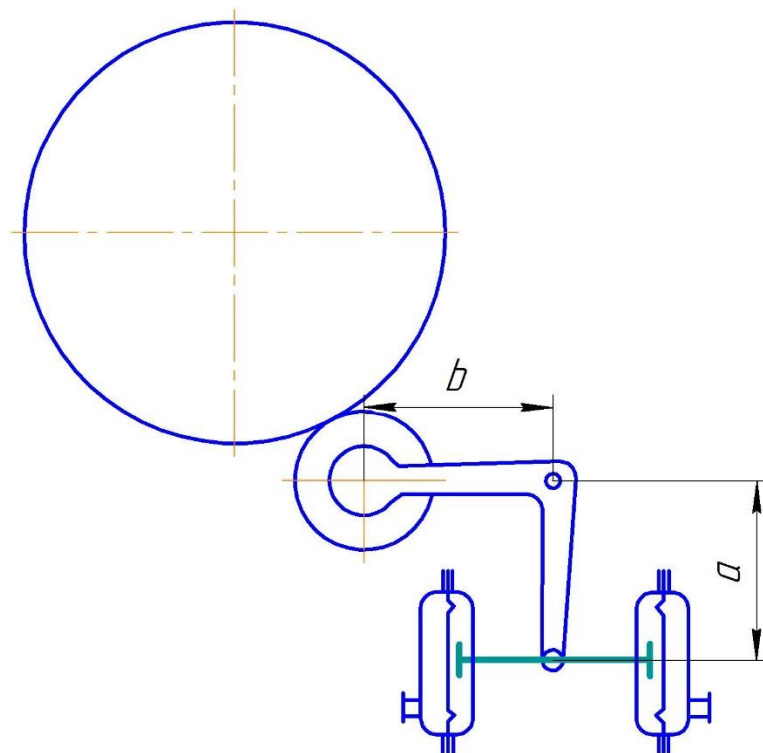


Рисунок 5.4 - Схема зусиль притискання

Мета розрахунку: розрахунок необхідного діаметру діафрагм для створення заданого лінійного тиску в захваті жолобчатого преса.

Вихідні дані :

Лінійний тиск $q_d$ , кН/м	100
Ширина сукна $B$ , м	4,5
Сила тяжіння притискного валу з підшипниками $G_b$ , Н	95709
Довжина плеча з боку притискного валу $b$ , м	1
Довжина плеча з боку притискного механізму $a$ , м	2,4

Розрахунок приведено за методикою викладеною у [12]

Для створення заданого тиску в захваті пресу до цапф рухомого валу, який створює тиск, необхідно прикласти певні зусилля  $P_{пр}$ .

Зусилля притискання:



$$P_{\text{пр}} = q_{\text{л}} B - G_{\text{в}} = 100000 \cdot 4,5 - 95709 = 354290 \text{ Н},$$

де  $q_{\text{л}}$  – лінійний тиск, Н/м;

$B$  – ширина сукна, м;

$G_{\text{в}}$  – вага валу з підшипниками, Н.

Зусилля притискання з боку притискного механізму:

$$F_{\text{п}} = \frac{P_{\text{пр}} \cdot b}{a \cdot \eta} = \frac{354290 \cdot 1}{2,4 \cdot 0,96} = 153772 \text{ Н},$$

де  $a$  – довжина плеча з боку механізму притискання, м;

$b$  – довжина плеча з боку притискного механізму, м;

$\eta$  – коефіцієнт корисної дії механізму притискання.

Сила притискання на одну цапфу:

$$F'_n = 0,5 F_n = 0,5 \cdot 153772 = 76886 \text{ Н},$$

де  $F_n$  – загальна сила притискання притискного механізму, Н.

Діаметр діафрагми:

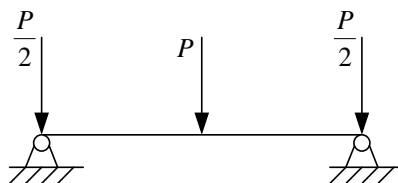
$$D = \sqrt{\frac{4F'_n}{\pi P_n}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 76886}{3,14 \cdot 0,4 \cdot 10^6}} = 0,495 \text{ м},$$

де  $P_n = 0,4 \cdot 10^6$  – тиск повітря, Па.

Висновок: за результатами даного розрахунку встановлено, що необхідний діаметр діафрагми повинен становити 0,495 м для встановлення заданого лінійного тиску в захваті.

## 5.4 Розрахунок та вибір підшипників

Розрахункову схему показано на рисунку 5.5.



					ЛБ51.705535.001 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Піпис	Дата		

### Рисунок 5.5 – Схема для розрахунку підшипників вала

Метою розрахунку є визначення навантаження на підшипник та вибір підшипника.

Вихідні дані до розрахунку:

Навантаження на підшипники $P$ , Н	589210
Швидкість ПРМ $V$ , м/с	20,5
Діаметр валу $D$ , мм	0,75

Розрахунок проводимо за методикою, наведеною у [16].

Попередньо, за ГОСТ 5721 – 75, вибираємо підшипник роликовий радіальний сферичний двохрядний №22264, який має наступні характеристики: статична вантажопідйомність  $C_0=4900000$  Н; динамічна вантажопідйомність  $C=3708000$  Н; діаметр зовнішнього кільця  $D=580$ мм; діаметр внутрішнього кільця  $d=320$  мм; ширина підшипника  $B=150$  мм. [16].

Перевіримо чи підходить обраний підшипник для валу.

На підшипники діє радіальна сила, яку можна розрахувати за формулою:

$$F_R = \frac{P}{2} = \frac{589210}{2} = 294605 \text{ Н},$$

де  $P$  – навантаження на підшипники, Н.

Розрахуємо еквівалентне навантаження на підшипники за формулою:

$$P_e = VF_R K_B K_T = 1,1 \cdot 294605 \cdot 1,1 \cdot 1 = 356472 \text{ Н},$$

де  $V$  – коефіцієнт обертання;

$K_B$  – коефіцієнт безпеки;

$K_T$  – температурний коефіцієнт.

Розрахуємо номінальну довговічність підшипника за формулою:

$$L = \left( \frac{C}{P_e} \right)^p = \left( \frac{3708000}{356472} \right)^{\frac{10}{3}} = 2457 \text{ млн. об},$$

де  $p$  – ступеневий показник, обирається за [16].

Розрахуємо число обертів валу:

					ЛБ51.705535.001 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Піпис	Дата		

$$n = \frac{60000v}{\pi D} = \frac{60000 \cdot 20,5}{3,14 \cdot 0,75} = 522 \text{ хв}^{-1},$$

де  $v$  – швидкість папероробної машини, м/с;

$D$  – діаметр валу, м.

Розрахункова довговічність підшипників повинна бути не менше 50000 годин. Розрахуємо її значення за формулою:

$$L_h = \frac{10^6 L}{60n} = \frac{10^6 \cdot 2457}{60 \cdot 522} = 78440 \text{ год.}$$

Висновок: динамічне навантаження менше максимально допустимого, умова довговічності виконується, отже вибираємо підшипник №22264 ГОСТ 5721-75

					ЛБ51.705535.001 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Піпис	Дата		

## 5.5 Розрахунок та вибір електродвигуна

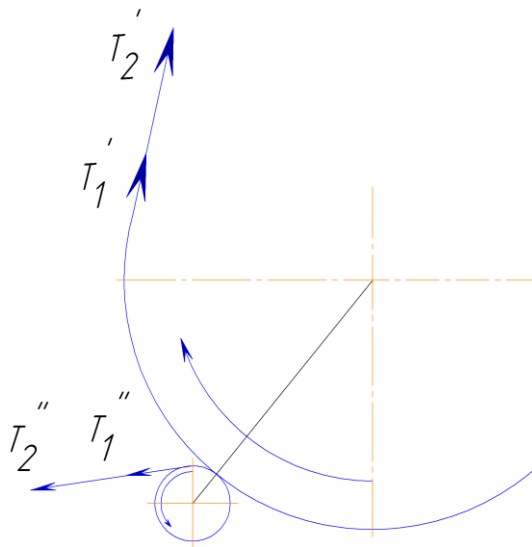


Рисунок 5.6 – Схема тягових зусиль

Метою розрахунку є визначення необхідної потужності для роботи пресової частини та вибір електродвигуна.

Вихідні дані до розрахунку:

Сумарне навантаження на вал  $Q$ , Н 589210

Діаметр цапфи валу  $d_{\text{ц}}$ , м 0,32

Діаметр верхнього вала  $D_{\text{в}}$ , м 6,00

Діаметр оболонки валу  $D$ , м 0.79

Розрахунок потужності проводимо за методикою наведеною у [16].

Визначимо тягове зусилля, яке необхідне для здолаття тертя в підшипниках валів за формулою:

$$T_1 = Qf \frac{d_{\text{ц}}}{D} = 589210 \cdot 0,05 \cdot \frac{0,32}{0,79} = 11933 \text{ Н},$$

де  $f$  – коефіцієнт тертя.

Визначимо тягове зусилля для здолаття тертя кочення вала по валу за формулою:

$$T_2 = 2 \cdot Q_{\text{в.в.}} \cdot \kappa \cdot \left( \frac{1}{D_{\text{в}}} \right) = 2 \cdot 589210 \cdot 0,015 \cdot \left( \frac{1}{0,79} \right) = 11188 \text{ Н},$$

					ЛБ51.705535.001 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Піпис	Дата		

де  $k$  – коефіцієнт тертя кочення.

Визначимо тягове зусилля, яке необхідне для здолаття тертя шабера по валу за формулою:

$$T_3 = q_{III} B f n = 0,3 \cdot 10^3 \cdot 4,7 \cdot 0,25 \cdot 1 = 353 \text{ Н},$$

де  $q_{III}$  – лінійний тиск, який створюється шабером, Н/м;

$f$  – коефіцієнт тертя шабера по поверхні валу.

$n$  – кількість шаберів.

Визначимо сумарне тягове зусилля за формулою:

$$T_{\Sigma} = T_1 + T_2 + T_3 = 11933 + 11188 + 352 = 23473 \text{ Н}.$$

Визначимо потужність, яка необхідна для роботи пресової частини за

формулою:

$$N = \frac{T_{\Sigma} V K_v K_m}{1000} = \frac{23473 \cdot 20,5 \cdot 1 \cdot 1,04}{1000} = 500 \text{ кВт},$$

де  $K_v$  – коефіцієнт, який показує вплив швидкості на коефіцієнт тертя;

$K_m$  – коефіцієнт тимчасового перевантаження.

Необхідну потужність двигуна знайдемо за формулою:

$$N_{\text{дв}} = \frac{N}{\eta} = \frac{500}{0,92} = 544 \text{ кВт},$$

де  $\eta$  – коефіцієнт корисної дії двигуна [17].

Висновок: за ГОСТ 19523-85 вибираємо двигун 4АН355М4УЗ, який має наступні характеристики: частота обертів вала двигуна  $n=1500$  об/хв; потужність двигуна  $N=500$  кВт [17].

## 5.6 Розрахунок механізму правки сукна

Метою розрахунку є визначення оптимального тиску у пневмобалоні.

Вихідні дані до розрахунку:

Ширина пресового сукна  $B$ , м 4,5

					ЛБ51.705535.001 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Піпис	Дата		

Лінійний натяг сукна  $q_L$ , кН/м

4

Діаметр поршня  $d$ , м

0,15

Коефіцієнт корисної дії пневмобалона  $\eta$

0,85

Рівнодіюча сила натягу сукна, тобто зусилля, яке потрібно створити на каретці сукноправки:

$$Q_z = 2q_L B \sin \frac{\alpha}{2} = 2 \cdot 4 \cdot 4,6 \cdot \sin \frac{20^\circ}{2} = 6,4 \text{ кН} = 6400 \text{ Н.}$$

Тиск, який необхідно створити в пневмобалоні:

$$P_{\text{ц}} = \frac{2Q_z}{\pi d^2 \eta} = \frac{2 \cdot 6400}{3,14 \cdot 0,15^2 \cdot 0,85} = 213039 \text{ Па} = 0,21 \text{ МПа.}$$

Висновок: в пневмобалоні необхідно створити тиск 0,21 МПа.

### 5.7 Розрахунок механізму сукнонатяжки

Схему механізму сукнонатяжки показано на рисунку 5.7.

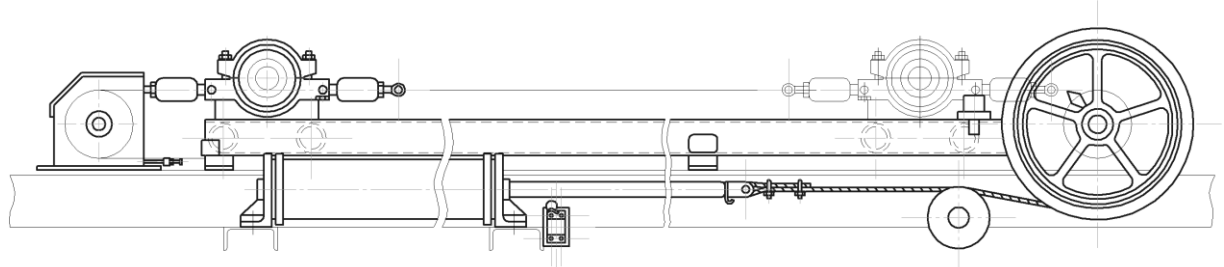


Рисунок 5.7 – Схема механізму сукнонатяжки

Метою розрахунку є визначення тиску повітря в пневмоциліндрі для забезпечення необхідного натягу сукна.

Вихідні дані до розрахунку:

Лінійний натяг сукна  $S_{\pi}$ , Н/м

4000

Ширина сукна  $B$ , м

4,5

Умови:

ККД пневмобалона

80%

Рівнодіюча сила натягу сукна:

$$Q_z = 2S_{\pi} B \sin \frac{\alpha}{2} = 2 \cdot 4000 \cdot 4,5 \cdot \sin \frac{50^\circ}{2} = 15214 \text{ Н.}$$

					ЛБ51.705535.001 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Піпис	Дата		

Визначаємо крутний момент на зірочці:

$$M_3 = Q_z \frac{D_3}{2} = 15214 \cdot \frac{0,34}{2} = 2586,4 \text{ Ї } \ddot{\text{є}},$$

де  $D_3$  – діаметр зірочки, м.

Крутний момент на барабані:

$$M_6 = P \frac{D_6}{2} \eta$$

Із рівності крутних моментів на зірочці та барабані визначаємо зусилля, що створюється поршнем Р:

$$M_3 = M_6$$

$$P = \frac{2M}{D_6 \eta} = \frac{2 \cdot 2586,4}{0,72 \cdot 0,8} = 8980,6 \text{ Н},$$

де  $\eta$  – ККД пневмобалона.

Тиск, що потрібно створити в циліндрі:

$$P_u = \frac{2P}{\pi d^2 \eta_n} = \frac{2 \cdot 8980,6}{3,14 \cdot 0,1^2 \cdot 0,85} = 672956 \text{ Па} = 0,67 \text{ МПа},$$

де  $d$  – діаметр поршня;

$\eta_d$  – ККД пневмоциліндру [17].

Висновок: для забезпечення необхідного натягу сукна в пневмоциліндрі потрібно забезпечити тиск 0,67 МПа.

					ЛБ51.705535.001 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Піпис	Дата		

## **6 Рекомендації щодо монтажу та експлуатації жолобчатого пресу папероробної машини**

### **6.1. Монтажні роботи**

Робота пресової частини ПРМ без обривів та збоїв залежить від точності складання, монтажу, вивірки взаємного положення вузлів та деталей. При розробці робочої документації на машину, розробляють спеціальну монтажну документацію у відповідності з галузевим стандартом ОСТ-26-08-2017-92. Вимоги по монтажу та експлуатації частково викладені у кресленнях загального вигляду і складальних вузлах. Монтаж обладнання повинен виконуватись у відповідності з вимогами СНіП 3.05.05-84. Перед установкою вузлів і частин пресової частини повинно передувати виконання повного об'єму будівельних робіт.

Пресова частина ПРМ поставляється із заводу виробника в розібраному вигляді окремими деталями та складальними вузлами. Для монтажу та обслуговування пресової частини, цех в якому вона встановлена, повинен мати мостовий кран, з двома візками, вантажопідйомністю не менш 15 т кожен. Розпаковку обладнання, яке надходить до місця складання, виконують з урахуванням технологічної послідовності складання пресової частини. Перед монтажем та в процесі монтажу проводять укрупнене складання. Загальним документом яким керуються при укрупненому складанні й монтажі є монтажно-складальні, монтажно-установочні креслення та технічні вимоги заводу виробника, в яких викладені конструктивні і технологічні особливості пресової частини, яка встановлюється.

Схема технологічного процесу монтажу пресової частини складається з наступних основних операцій:

- монтаж станин пресових валів;
- установлення на проектне місце базового вала пресової частини та вивірки його відносно базового вала ПРМ та її центральної вісі;

					ЛБ51.705535.001 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Піпис	Дата		



- монтаж пресових валів та вивірка їх відносно вивіреного базового вала пресової частини та між собою.

## 6.2 Ремонтні роботи

Огляд пресових валів через 3-4 місяці. При цьому, оглядають підшипники валів, сприсків та інше.

Загальні ремонтні роботи для ПРМ і пресової частини: огляд та ремонт ручних і автоматичних механізмів правки й натяжки пресових сукон. Заміна лез шаберів пресових валів. Заміна підшипників валів. Довговічність роботи підшипників на сучасних папероробних машинах в багато чому залежить від якості та своєчасності їх змазування. Корпуси підшипників повинні мати лабіринтне ущільнення, яке запобігає потраплянню води в підшипник і витіканню мастила. Для підшипників, які мають таке ущільнення доцільна періодична заміна мастила.

					ЛБ51.705535.001 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Піпис	Дата		

## 7 Рівень стандартизації та уніфікації

Конструюючи машин і апаратів хімічної та нафтопереробної промисловості варто максимально використовувати стандартні, нормалізовані й уніфіковані конструктивні елементи, деталі та вузли.

Уніфікація – це раціональне скорочення числа типів, видів, розмірів вузлів і їхніх елементів. З урахуванням класифікації процесів ряд машин і апаратів уніфіковані, тобто в конструкції передбачена можливість використання їх у різних виробництвах для проведення того самого процесу у визначеному діапазоні параметрів.

Стандартизація устаткування – це зведення численних видів виробів однакового функціонального призначення до обмеженого числа обов'язкових стандартних зразків. Для найбільш модернізованих конструкцій машин і апаратів розроблені ГОСТи.

Наявність достатньо високого рівня стандартизації й уніфікації вузлів і деталей апарата значно знижує вартість його виготовлення, зменшує витрати по ремонту, експлуатації та переходу при необхідності на нові режими роботи.

При конструюванні даної сушильної частини були використані такі стандартні вироби:

Сушильна частина складається з 1550 деталей, з яких:

- стандартизованих  $N_c = 170$ ;
- уніфікованих  $N_y = 1230$ ;
- індивідуальних ненормалізованих  $N_i = 150$ .

Виходячи з цього, частка уніфікованих деталей в конструкції складає:

$$K_y = \frac{N_y}{N_y + N_i} = \frac{1230}{1230 + 150} = 0,85$$

Частка стандартизованих деталей в конструкції складає:

$$K_c = \frac{N_c}{N_c + N_i} = \frac{170}{170 + 150} = 0,53.$$

					ЛБ51.705535.001 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Піпис	Дата		

Висновок: Оскільки коефіцієнт уніфікації К менше ніж 90% розроблений жолобчатий прес можна виготовлювати на всіх підприємствах виготовлення паперу серійно.

					ЛБ51.705535.001 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Піпис	Дата		

## 8. Економічна частина проекту

### 8.1. Техніко-економічне обґрунтування удосконалення конструкції гарячого преса

Підвищення рівня конкурентоспроможності продукції вітчизняного картоноробного машинобудування неможливе без впровадження нових технологій, високопродуктивного обладнання, сучасних прогресивних конструкційних матеріалів, а також без технічного переозброєння, реконструкції та будівництва нових ділянок, цехів та підприємств в цілому. Все це потребує великих інвестицій, яких не вистачає в Україні в нинішніх умовах трансформації економіки країни на засади ринкової економіки.

Виходячи з цього, кожний технічний, організаційний чи господарський проект або будь – яке нововведення повинні бути ретельно обґрунтовані з економічної точки зору. Вище вказане в повній мірі стосується також дипломних проектів бакалаврів, що виконуються студентами інженерно – хімічного факультету КПІ ім. Ігоря Сікорського.

Економічна частина даного дипломного проекту має на меті зробити техніко-економічні обґрунтування доцільності удосконалення конкретно обраного гарячого пресу, в якому здійснюється процеси сушіння та пресування паперового полотна. Перераховані показники, або керовані параметри процесу пресування, мають досить важливе значення для масових і технічних видів паперу. Таким чином, основна мета гарячого пресування полягає в досягненні необхідних показників сухості, щільності й рівномірності товщини полотна при дотриманні інших показників якості в заданих межах. Таким чином виконання робіт по удосконаленню конструкції гарячого пресу є досить актуальною проблемою, яка вимагає вирішення і може сприяти підвищенню ефективності виробництва.

					ЛБ51.705535.001 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Піпис	Дата		

При виконанні робіт по удосконаленню конструкції діючого гарячого пресу необхідно було обрати базисний зразок аналогічного апарату для порівняння їх техніко-економічних показників.

Одним з важливих елементів гарячого пресу є нижній вал, тобто перший гарячий вал, який дає можливість нагрівати полотно і притискати його до лощільного циліндру. Замість встановленого гладкостінного пресового валу, на сучасних пресах можливо встановлювати жолобчаті вали. Базисний гарячий прес має гладкий пресовий вал, який має такі наступні недоліки у порівнянні з жолобчатим валом:

1. Менша кінцева сухість полотна.
2. Більша матеріалозатратність.
3. Менша зносостійкість.

Тому для інтенсифікації процесу сушіння і пресування полотна був розроблений гарячий прес з нижнім жолобчатим валом.

Порівняльна характеристика базового та удосконаленого пресів приведена в таблиці 8.1.

Таблиця 8.1 Порівняльна характеристика базового та удосконаленого пресів

№	Назва показників	Одиниця вимірювання	Конструкція преса	
			До удосконалення	Після удосконалення
1	2	3	4	5
2	Кінцева сухість	%	52	50
3	Нижній вал	-	відсмоктуючий	жолобчатий
4	Сумарна потужність електродвигунів	кВт	960	550
5	Вартість валу (первісна)*	тис. грн.	980	520

6	Тривалість* ремонтного циклу	місяців	6	4
---	---------------------------------	---------	---	---

\* - дані взяті з джерел викладених на сайтах компаній виробників.

Керівник диплому \_\_\_\_\_ Я. В. Гробовенко

## 8.2. Розрахунки що підтверджують доцільність проведення робіт по удосконаленню гарячого пресу

Удосконалення базового механізму розраховуємо у відповідності зі ступенем складності та обсягів проектно-конструкторської документації, яку необхідно розробити на етапи конструкторської підготовки.

Удосконалення діючого устаткування означає його зміна з метою попередження або усунення фізичного зносу, техніко-економічного старіння та підвищення його технічних параметрів до рівня сучасних вимог.

Економічно доцільно здійснювати удосконалення устаткування під час проведення його капітального ремонту. Зазвичай удосконалення устаткування хімічної, нафтопереробної та целюлозно-паперової галузей промисловості забезпечує збільшення його продуктивності на 10-18%, а здійснені згідно з нею витрати не перевищують половини вартості нових знарядь виробництва аналогічного призначення.

Розрахунки ефективності на проведення удосконалення устаткування полягають у визначенні коефіцієнта ефективності витрат  $n_{p_i}$ , який

розраховується за формулою [6, с. 7]

$$n_{p_i} = 1 - \frac{M_i + S_{e_i}}{K_{H_i} \alpha \beta + S_{a_i}}, \quad (8.1)$$

де  $M_i$  - сукупні витрати на проведення удосконалення устаткування, грн.; (поточних);  $S_{e_i}$  - перевищення експлуатаційних витрат удосконаленого устаткування порівняно з новим аналогічним устаткуванням, грн;  $K_{H_i}$  - оптова

					ЛБ51.705535.001 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Піпис	Дата		

ціна придбання нового аналогічного устаткування, грн.;  $\alpha$  - коефіцієнт співвідношення продуктивності удосконаленого устаткування та аналогічного нового устаткування;  $\beta$  - коефіцієнт співвідношення тривалості ремонтного циклу удосконаленого устаткування та аналогічного нового устаткування;  $s_{a_i}$  - втрати від недоамортизації устаткування, яке підлягає удосконаленню.

Розрахований по формулі 1 коефіцієнт  $n_{p_i}$  може мати позитивні, негативні або нульове значення (табл. 8.2)

Таблиця 8.2. Значення коефіцієнту ефективності витрат  $n_{p_i}$  на вдосконалення устаткування .

Величина коефіцієнта $n_{p_i}$	Висновок щодо доцільності удосконалення устаткування
$n_{p_i} > 0$	Удосконалення устаткування з економічної точки зору доцільна
$n_{p_i} < 0$	Удосконалення устаткування з економічної точки зору недоцільна. Доцільним є придбання нового устаткування.
$n_{p_i} = 0$	Рішення про удосконалення устаткування приймається, виходячи з конкретних виробничих обставин.

Сукупні витрати  $M_i$  на проведення удосконалення устаткування складаються з таких окремих елементів а саме:

- матеріальні витрати (вартість сировини, матеріалів, комплектуючих виробів та енергоносіїв, які необхідні для виконання удосконалення);
- витрати на оплату праці ( заробітна плата розробників конструкторської та технологічної документації; заробітна плата основних робітників, які виконують роботи по удосконаленню устаткування; відрахування на соціальне страхування;

					ЛБ51.705535.001 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Піпис	Дата		

- амортизація, яка нарахована на діюче устаткування, яке підлягає удосконаленню;
- інші види витрат.

З достатньою для розрахунків точністю, яка базується на практичних даних підприємств хімічного машинобудування, величина сукупних витрат  $M_i$  на удосконалення устаткування може бути розрахована по формулі:

$$M_i = \Phi_{i_{\text{перв}}}^{\text{мод}} \cdot K_i, \quad (8.2)$$

де  $\Phi_{i_{\text{перв}}}^{\text{мод}}$  – первісна (відновлена) вартість устаткування, яке підлягає удосконаленню.  $K_i$  – коефіцієнт витрат, величина якого залежить від виду і типу устаткування, яке підлягає удосконаленню. Рекомендовані величини коефіцієнтів  $K_i$  приведені в табл. 3

Удосконалене устаткування у процесі подальшої експлуатації, як правило, вимагає більш високих експлуатаційних (поточних) витрат у порівнянні з аналогічним новим устаткуванням.

Згідно даних підприємств, де експлуатується аналогічне обладнання, первісна вартість гарячого пресу  $\Phi_{\text{перв}}^{\text{мод}} = 980$  тис. грн.

Величина коефіцієнта витрат на удосконалення  $K_i = 0,07$ , згідно даних табл. 3 [8, стор.8]

Таким чином величина витрат для проведення удосконалення верстата становить:

$$M_i = 520000 \cdot 0,09 = 88200 \text{ грн.}$$

Експлуатаційні (поточні) витрати при роботі устаткування складаються з таких витрат:

- витрати паливно-мастильних матеріалів;
- витрати на придбання та виготовлення необхідних запасних частин;
- витрати на оплату праці ремонтного персоналу;
- інші поточні експлуатаційні витрати.

					ЛБ51.705535.001 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Піпис	Дата		



З достатнім для розрахунків ступенем точності, який базується на практичних даних підприємств хімічного машинобудування, величина перевищення експлуатаційних (поточних) витрат по вдосконаленому устаткуванню порівняно з новим аналогічним устаткуванням  $S_{ei}$ :

$$S_{ei} = q_{b_i} \cdot \Phi_{\text{перв}}^{\text{мод}} - q_{b_n} \cdot \Phi_{\text{перв}}^{\text{нов}}, \quad (8.3)$$

де  $q_{b_i}$  – коефіцієнт експлуатаційних (поточних) витрат устаткування, яке підлягає удосконаленню;

$q_{b_n}$  – коефіцієнт експлуатаційних (поточних) витрат аналогічного нового устаткування;

$\Phi_{\text{перв}}^{\text{нов}}$  – первісна вартість нового (аналогічного) устаткування.

Таким чином розраховуємо величину перевищення поточних витрат по удосконаленому устаткуванню порівняно з новим аналогічним устаткуванням:

$$S_{b_i} = 0.04 \cdot 980000 - 0.03 \cdot 520000 = 23600 \text{ грн}$$

Примітка: Згідно даних, які вміщують інтернет-відомості вартість нового аналогічного устаткування складає  $\Phi_{\text{перв}}^{\text{нов}} = 520$  тис. грн.

Коефіцієнт співвідношення продуктивності удосконаленого устаткування та аналогічного нового устаткування  $\alpha$  розраховується по формулі

$$\alpha = \frac{\Pi_i}{\Pi_{\text{нов}}}, \quad (8.4)$$

де  $\Pi_i$  – продуктивність або інший один з найбільш важливих показників, який характеризує роботу устаткування, яке підлягає удосконаленню;

$\Pi_{\text{нов}}$  – продуктивність або інший один з найбільш важливих показників, який характеризує роботу аналогічного нового устаткування.

$$\alpha = \frac{38}{34} = 1.12$$

					ЛБ51.705535.001 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Піпис	Дата		

Коефіцієнт співвідношення тривалості ремонтного циклу удосконаленого устаткування та аналогічного нового устаткування  $\beta$  розраховується по формулі:

$$\beta = \frac{T_{\text{мод}}}{T_{\text{нов}}}, \quad (8.5)$$

де  $T_{\text{мод}}$  – тривалість ремонтного циклу устаткування, яке підлягає удосконаленню;

$T_{\text{нов}}$  – тривалість ремонтного циклу аналогічного нового устаткування.

Тривалість ремонтного циклу устаткування – це період часу між двома капітальними ремонтами устаткування, або тривалість часу між придбанням устаткування та першим капітальним ремонтом. В якості показників ремонтного циклу можуть також використовуватися показники виробітку продукції між двома капітальними ремонтами устаткування та інші аналогічні показники,  $\beta = 0.95$ .

Підставляючи всі знайдені величини у формулу (8.1), необхідно отримати величину коефіцієнта ефективності витрат  $n_{pi}$ , розрахункова величина якого дає нам змогу зробити висновки щодо доцільності проведення удосконалення обраного в дипломному проекті устаткування.

$$n_{pi} = 1 - \frac{88200 + 23600}{520000 \cdot 1.12 \cdot 0.95 + 4680} = 0.916$$

Тобто розраховане значення  $n_{pi} > 0$ , а це значить, що удосконалення гарячого пресу є економічно доцільно.

### 8.3 Розрахунок техніко – економічних показників до і після модернізації обладнання

Витрати на електроенергію:

- для базового:

$$C_{\text{ем}} = N_y \cdot F_g \cdot K_B \cdot K_M \cdot C_e = 960 \cdot 8410 \cdot 0,7 \cdot 0,7 \cdot 1,825 = 7125384 \text{ грн/рік,}$$

де  $N_y = 960$  - сумарна встановлена потужність електродвигунів;

					ЛБ51.705535.001 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Піпис	Дата		

- для модернізованого:

$$C_{\text{ем}} = N_y \cdot F_g \cdot K_B \cdot K_M \cdot C_e = 550 \cdot 8410 \cdot 0,7 \cdot 0,7 \cdot 1,825 = 4082251 \text{ грн/рік,}$$

де  $N_y = 550$  - сумарна встановлена потужність електродвигунів;

$K_B = 0,7$  – коефіцієнт, що враховує використання двигунів протягом робочого дня;  $K_M = 0,7$  - коефіцієнт, що враховує використання встановленої потужності електродвигунів машини;  $C_e = 1,825$  грн/кВт – тариф на 1 кВт год електроенергії;  $F_g = 8410$  год – дійсний річний фонд часу роботи машини.

#### 8.4 Оцінка ефективності модернізації першого гарячого пресу ПРМ

Метою розрахунку є визначення оцінки ефективності.

Вихідні дані розрахунку:

Річна продуктивність базового обладнання  $Q_B$ , т/рік 64281

Річна продуктивність модернізованого обладнання  $Q_M$ , т/рік 64281

Поточні витрати базового обладнання  $З_{\text{п. баз}}$ , грн. 6557778,5

Поточні витрати нового обладнання  $З_{\text{п. нов}}$ , грн. 4247441,5

Нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень  $E_H$  1,5

Капітальні витрати по базовому обладнанню  $K_B$ , грн 10072500

Капітальні витрати по модернізованому обладнанню  $K_M$ , грн. 6707254

\* - дані взяті з інтернет-джерел викладених на сайтах компаній виробників та з інформації отриманої при проходженні практики.

Розрахунок здійснюємо за методикою викладеною в [29].

Оцінка ефективності:

$$\begin{aligned} E &= (З_{\text{п. баз}} + E_H K_B) \frac{Q_M}{Q_B} - (З_{\text{п. мод}} + E_H K_M) = \\ &= (6557778,5 + 1,5 \cdot 10072500) \frac{64281}{64281} - \\ &-(4247441,5 + 1,5 \cdot 6707254) = 7358206 \text{ грн,} \end{aligned}$$

Висновок: отримане значення свідчить про доцільність модернізації.

					ЛБ51.705535.001 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Піпис	Дата		

Проведений в економічному розділі аналіз дозволяє зробити висновок про виконання основних завдань модернізованої техніки. Порівняльні техніко – економічні показники вдосконаленої і базової машини представлено в табл. 8.4.

Таблиця 8.4 - Порівняльні техніко – економічних показників вдосконаленої і базової машини

Показники	Одиниця	Базова машина	Вдосконалена машина
Річна продуктивність	т/рік	64281	64281
Загальна маса	кг	12800	9600
Витрати електроенергії	грн./рік	7125384	4082251
Кількість обслуговуючого персоналу, в день	чол.	1	1
Сукупний економічний ефект у виробника та споживача	грн./рік	—	7358206
Установлена потужність	кВт	960	550

## Висновки

У дипломному проекті освітньо-кваліфікаційного рівня «бакалавр» «Модернізація преса папероробної машини. Комплексний» проведено модернізація першого гарячого пресу папероробної машини. Суть модернізація полягає в заміні відсмоктуючого валу пресу ПРМ, на жолобчатий, що сприяло зменшенню енергозатрат на здійснення процесу пресування паперового полотна при не змінній продуктивності преса по відпресованій воді.

У результаті виконання дипломного проекту було зроблено опис технологічного процесу, обґрунтовано вибір конструкції пресу, порівняно основні показники розробленої конструкції з аналогами, проведено патентне дослідження, розроблено рекомендації з охорони праці, проведено розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність конструкції: параметричний, розрахунок балансу води та волокна, зусиль притискання, довговічності підшипників, міцності та жорсткості, потужності привода преса, критичному числу обертів та розроблено рекомендації щодо монтажу та експлуатації, визначено рівень стандартизації та уніфікації, здійснено техніко-економічне обґрунтування модернізації.

Графічна частина проекту виконана у КОМПАС 3D і включає в себе загальну схему установки пресу – А1×3, установку пресового жолобчатого валу – А1, сукнонатяжку – А1, сукномийка – А2×3, ілюстрація до технічної ідеї патенту – А2. До складальних креслень виконано специфікації.

За період виконання роботи було подано заявку на корисну модель, направлену на інтенсифікацію процесу пресування та якість пресування в цілому.

					ЛБ51.705535.001 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Піпис	Дата		

## Выводы

В дипломном проекте образовательно-квалификационного уровня «бакалавр» «Модернизация пресса бумагоделательной машины. Комплексный.» проведено модернизацию первого горячего пресса бумагоделательной машины. Суть модернизации заключается в замене отсасывающего вала пресса БДМ, на желобчатый, что способствовало уменьшению затрат на энергию при осуществлении процесса прессования бумажного полотна при не меняющейся производительности пресса по отжатой воде.

В результате выполнения дипломного проекта было сделано описание технологического процесса, обоснован выбор конструкции пресса, были сравнены основные показатели разработанной конструкции с аналогами, проведено патентное исследование, разработаны рекомендации по охране труда, проведены расчеты, подтверждающие работоспособность и надежность конструкции: параметрический, расчет баланса воды и волокна, усилий прижима, долговечности подшипников, прочности и жесткости, мощности привода пресса, критическом числе оборотов и разработаны рекомендации по монтажу и эксплуатации, определен уровень стандартизации и унификации, осуществлено технико-экономическое обоснование модернизации.

Графическая часть проекта выполнена в КОМПАС 3D и включает в себя

Общую схему установки пресса – А1×3, установку прессового желобчатого вала – А1, сукнонатяжку – А1, сукномойку – А2×3, иллюстрацию к технической идеи патента – А2. К сборочным чертежам выполнено спецификации.

За период выполнения работы была подана заявка на полезную модель, направленную на интенсификацию процесса прессования и качество прессования в целом.

					ЛБ51.705535.001 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Піпис	Дата		

## Conclusions

In the diploma project educational qualification level "Bachelor" "Modernization of the press of the paper machine. Complex.", the first hot press of the paper machine was modernized. The essence of the modernization consists in replacing the pressing shaft of the paper-making machine. Press with a grooved one, which contributed to a decrease in the cost of energy in the process of pressing the paper web while the press capacity of the pressed water is not changing.

As a result of the diploma project was done description of the process, the choice of design, compared to the basic design of indicators developed counterparts, also was done the patent research, recommendations for safety, performed calculations for the performance and reliability of design: parametric, calculation of water balance and fibers efforts clamp, bearing durability, strength and stiffness, power drive press, critical speed and developed recommendations for installation and operation, set the level of standardization and unification, by feasibility modernization.

Graphic part of the project is made in KOMPAS 3D and includes a main view of press part-  $A1 \times 3$ , the installation of the press grooved shaft is A1, the cloth belt is A1, the cloth box is  $A2 \times 3$ , the illustration to the technical idea of the patent is A2. For assembly drawings met specifications.

Before assembly drawings completed specification. During the performance of project was submitted an application for a utility model, aimed at intensifying the process of pressing and pressing quality in general.

					ЛБ51.705535.001 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Піпис	Дата		

## Перелік посилань

1. Технология бумаги и картона: Учебное пособие для вузов / С. Ф. Примаков, В. А. Барбаш, А. П. Шутько. – М.: Экология, 1996.– 304 с.
2. Оборудование целлюлозно-бумажного производства. В 2-х томах. Т. 2. Бумагоделательные машины / В. А. Чичаев, М. Л. Глезин, В. А. Екимов и др.— М.: Лесная пром-сть, 1981.—264 с.
3. Новиков Н. Е. Прессование бумажного полотна. – М.: Лесная промышленность, 1972. – 624 с.
4. Эйшлин И. Я. Бумагоделательные и отделочные машины – 3-е изд., перепаб. и доп. – М.: Лесная промышленность, 1970. – 624 с.
5. Патент № 11069 (UA), МПК D 21 F 3/08. Прессовый вал с пористым покрытием/ Д.М. Онищенко, Я.В. Гробовенко – Заявл. 12.11.15; Оpubл. 10.05.16. Бюл. № 9.
6. Патент № 89260 (UA), МПК D 21 F 3/00. Прес / К.М. Гузь, О.А. Новохат – Заявл. 03.12.2013; Оpubл.10,04,2014. Бюл. № 7.
7. Патент № 99957 (UA), МПК D 21 F 3/00. Прес для горячего пресування волокнистих матеріалів / В.М. Марчевський, О.П. Мельник, Д.П. Биковець, М.М. Василенко – Заявл. 25.02.16; Оpubл. 25.06.2015. Бюл. № 12.
8. Патент № 55725 (UA), МПК D 21 F 3/02. Вал відсмоктуючий / М.Б. Паршаков, О.А. Новохат – Заявл. 27.05.10; Оpubл. 27.12.10. Бюл. № 24.
9. Патент № 67177 (UA) МПК D 21 F 3/00 / Ю.В. Навроцький – Заявл. 14.06.11; Оpubл. 10.02.12. Бюл. № 3.
10. Патент № 100972547B1 (KR) МПК D 21 F 3/0227 / 신타로 야마자키, 타카오 야마자키,유야 타카모리. – Appl. 21.07.09; Pub. 28.07.10.
11. Патент №2228212 B1 (EP) МПК B32 B 29/06 / Tsai, Tung-I – Appl. 13.03.2009; Pub. 15.09.10.
12. Справочник по охране труда на промышленном предприятии / К.Н. Ткачук, Д.Ф. Иванчук, Р.В. Сабарно, А.Г. Степанов. – К.: Тэхника, 1991. – 285 с.

					ЛБ51.705535.001 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Піпис	Дата		



13. Практикум із охорони праці. Навчальний посібник / В.Ц. Жидецький, В.С. Джигирей, В.М. Сторожук та ін.; За ред. канд. техн. наук, доцента В.Ц. Жидецького. – Львів: Афіша, 2000. – 352 с.

14. Алгоритм розрахунку пресів папероробної машини. Методичні вказівки по застосуванню обчислювальної техніки при курсовому та дипломному проектуванні для студентів інженерно-хімічного факультету спеціалізації 7.090219 “Обладнання лісового комплексу” / Укладачі В.М. Марчевський, О.Л. Свечков . – Київ : НТУУ ”КПІ”, 2003.– 20 с.

15. Опір матеріалів: Підручник / Г. С. Писаренко, О. Л. Квітка, Е. С. Уманський; За ред. Г. С. Писаренка. – К.: Вища шк., 1993. – 655 с.

16. Расчет деталей и проектирование деталей машин. Учебное пособие для технических вузов / Н. Ф. Киркач, Р. А. Баласанян.— Харьков.: Основа, 1991.– 276 с.

17. Анурьев В. И. Справочник конструктора-машиностроителя: В 3-х т. Т. 1 – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1979. – 728 с.

18. Анурьев В. И. Справочник конструктора-машиностроителя: В 3-х т. Т. 3 – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1978. – 557 с.

19. Пожидков В. И. Монтаж и ремонт бумагоделательных машин – М.: Лесная промышленность, 1973. – 312 с.

20. Методичні вказівки до виконання економічної частини дипломного проекту для студентів хіміко-машинобудівних спеціальностей /Укладачі А.Е. Розенплентер, Т.В. Панішева, С. В. Лисенко - К.: НТУУ”КПІ”, 2005. – 32 с.

21. Розробка технологічного процесу виготовлення деталі: Метод. вказівки до виконання курсової роботи (проекту) з дисципліни «Технологія машинобудування» для студентів механіко-машинобудівного інституту, інженерно-фізичного та поліграфічного факультетів / уклад.: С.С. Добрянський, В.К.Фролов, В.А. Ковальов. – К.: ІВЦ «Видавництво «Політехніка», 2002. – 80 с.

					ЛБ51.705535.001 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Піпис	Дата		

22. Технологія машинобудування і технологічні основи машинобудування: Метод. рек. до практ. занять та викон. самостійної роботи / Уклад.: С.С. Дбрянський, В.К. Фролов, Ю.М. Малафєєв та ін. – К.: НТУУ «КПІ», 2007. – 72 с.

23. Журавлев В. Н. Машиностроительные стали. Справочник. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1981. – 391 с., ил.

24. Разработка технологических процессов изготовления деталей в машиностроении: учеб. пособие / В.А. Ванин, А.Н. Преображенский, В.Х. Фидаров. – Тамбов: изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2008. – 332 с.

25. Обработка металлов резанием: справочник технолога / А.А. Панов, В.В. Акинин, Н.Г. Бойм и др.; под общ. ред. А.А. Панова. – М.: Машиностроение, 1988. – 736 с.

26. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т. 1 / Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. Машиностроение, 1985. – 656 с.

27. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т. 2 / Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. Машиностроение, 1985. – 496 с.

28. Лукінюк, М. В. Автоматизація типових технологічних процесів: технологічні об'єкти керування та схеми автоматизації [Текст] : навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл., які навчаються за напрямом «Автоматизація і комп'ют.-інтегр. технології» – К.: НТУУ «КПІ», 2008. – 236 с. : іл. – Біблігр.: с. 230-231. – 200 пр. – ISBN 978-966-622-287-2.

29. Лукінюк, М. В. Технологічні вимірювання та прилади [Текст] : навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. – К.: НТУУ «КПІ», 2007. – 436 с. : іл. – Біблігр.: с. 427 – 428. – 200 пр. – ISBN 978-966-622-247-6.

30. Промислові засоби автоматизації: навч. посіб.: У 2 ч. / А. К. Бабіченко, В. І. Тошинський, В. С. Михайлов та ін.; за заг. ред. А. К. Бабіченка. – Х.: НТУ «ХПІ», 2003. – Ч. 1. Вимірювальні пристрої. – 470 с.: іл. – Бібліогр.: с. 467. – 500 пр. – ISBN 966-593-232-2.

					ЛБ51.705535.001 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Піпис	Дата		

31. Промислові засоби автоматизації: навч. посіб.: У 2 ч. / А. К. Бабіченко, В. І. Тошинський, В. С. Михайлов та ін.; За заг. ред. А. К. Бабіченка. – Х.: НТУ «ХПІ», 2003 р. – Ч. 2. Регулювальні і виконавчі пристрої. – 658 с.: іл. – Бібліогр.: с. 644 – 645. – 500 пр. – ISBN 966-593-292-6.

					ЛБ51.705535.001 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Піпис	Дата		

Додаток А

**Регламент патентного пошуку**

					ЛБ51.705535.001 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Піпис	Дата		

Предмет пошуку – пресова частина папероробної машини, пресовий вал.

Мета пошуку – визначення патентоспроможності проєктованого апарата й визначення тенденцій розвитку даного напрямку в техніці.

Встановлюємо такі держави пошуку: Україна, Російська Федерація, СРСР, США, Німеччина, Франція, Японія, Швейцарія, Фінляндія.

Термін дії патенту на винахід в Україні – 10 років, тому регламент пошуку встановлюємо такий: 2009–2019 рр.

Класифікаційні індекси:

- міжнародна патентна класифікація: МПК4, МПК5, МПК6 – D 21 F 3/08, D 21 F 3/00, D 21 F 3/04, 2/00, D 21 G 1/02;

- уніфікована десяткова класифікація: УДК 621.9, 621.927.3, 621.928, 621.928.028, 621.928.3, 622.2, 676.1.

Джерела інформації:

- патентна інформація: описи до винаходів, офіційні патентні бюлетені Держпатенту України, Роспатенту й Держпатенту СРСР;

- науково-технічна інформація: підручники й навчальні посібники з курсу устаткування для підготовки паперової маси.

Суттєвими ознаками апарата є: пресові вали; нескінченно довгі пресові сукна; вали, що нагріваються; притискні вали; лоцильний циліндр.

У результаті проведених патентних досліджень встановлено:

- конструкція розроблюваної пресової частини папероробної машини за основними характеристиками не поступається розглянутим аналогам і відповідає сучасному рівню розвитку техніки;

- у розроблюваному апараті не використано суттєвих ознак, якими відрізняються проаналізовані прототипи. Усі суттєві ознаки розроблюваного апарата є достатньо відомими. Це дозволяє припустити, що застосування конструкції не потребуватиме придбання ліцензії на випуск нової продукції;

- останнім часом винахідницька активність в промислово розвинених країнах у розглянутій галузі спрямована на патентування як апаратів в

					ЛБ51.705535.001 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Піпис	Дата		

цілому, так і окремих їхніх частин. Основна увага приділяється підвищенню ефективності роботи апаратів, зменшення їхньої матеріалоємності, спрощення конструкції та затрат енергії на одержання одиниці продукції;

- провідними державами в галузі патентування пресової частини папероробної машини маси є Японія, США, Німеччина. Винахідницька активність в Україні та Російській Федерації протягом останніх років скорочується.

					ЛБ51.705535.001 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Піпис	Дата		

Додаток Б

**Програма розрахунку зусиль притискання**

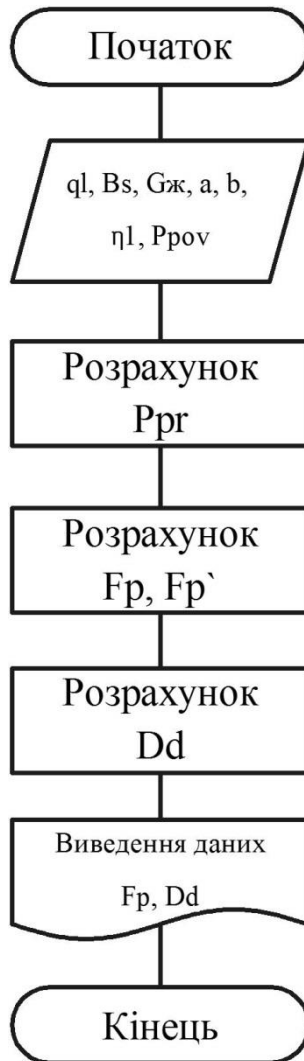
					ЛБ51.705535.001 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Піпис	Дата		

Таблиця Б.1 – Таблиця ідентифікаторів програми зусиль притискання

Параметр	Позначення	Ідентифікатор	Одиниця
Лінійний тиск	$q_l$	ql	Н/м
Ширина сукна	$B$	Bs	м
Сила тяжіння притискного валу з підшипниками	$G_B$	$G_{ж}$	Н
Довжина плеча з боку притискного валу	$b$	$b$	м
Довжина плеча з боку притискного механізму	$a$	$a$	м
Тиск повітря	$P_n$	$P_{pov}$	Па
Зусилля притискання	$P_{пр}$	$P_{pr}$	Н
Зусилля притискання з боку притискного механізму	$F_{\Pi}$	$F_p$	Н
Сила притискання на одну цапфу	$F_n'$	$F_p'$	Н
Діаметр діафрагми	$D$	$Dd$	м



## Блок-схема алгоритму розрахунку бомбирування валів



## Програма розрахунку зусиль притискання

$$\begin{aligned}
 q_1 &:= 1 \cdot 10^5 & b &:= 1 & P_{\text{пов}} &:= 0,4 \cdot 10^6 \\
 B_s &:= 4,5 & a &:= 2,4 \\
 G_{\text{ж}} &= 95709,6617 & \eta_1 &:= 0,96
 \end{aligned}$$

$$P_{\text{пр}} := q_1 \cdot B_s - G_{\text{ж}} = 3,5429 \cdot 10^5$$

$$F_p := \frac{P_{\text{пр}} \cdot b}{a \cdot \eta_1} = 1,53772 \cdot 10^5$$

$$F_p' := 0,5 \cdot F_p = 76885,9241$$

$$D_d := \sqrt{\frac{4 \cdot F_p'}{\pi \cdot P_{\text{пов}}}} = 0,4947$$

Результати розрахунку:

$$P_{\text{пр}} = 3,5429 \cdot 10^5$$

$$F_p = 1,5377 \cdot 10^5$$

$$F_p' = 76885,9241$$

$$D_d = 0,4947$$

					ЛБ51.705535.001 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Піпис	Дата		

Додаток В

**Патенти, які використані в патентному дослідженні**

					ЛБ51.705535.001 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Піпис	Дата		

Додаток Г

**Публікації автора**

					ЛБ51.705535.001 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Піпис	Дата		